

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra prostředí staveb a TZB

Energetika krytých bazénových objektů  
Energetics of the Indoor Swimming-Pools

Disertační práce

Studijní obor: Teorie konstrukcí

Autor:

Ing. Zdeněk Galda

Školitel:

Doc. Ing. Jaroslav Kuba, CSc.

Ostrava 2011

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem celou disertační práci vypracoval samostatně, podle pokynů školitele, s použitím uvedené literatury, v souladu se směrnicí děkana č. VP\_07\_005/2010 disertační práce a autoreferát a v souladu se Studijním a zkušebním řádem pro studium v doktorských studijních programech Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. V souladu s § 47 a zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů.

V Ostravě: 30.03.2011

.....  
Ing. Zdeněk Galda

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat svému školiteli Doc. Ing. Jaroslavu Kubovi, CSc. za odborné vedení a spolupráci nejen po dobu zpracování této disertační práce. Dále děkuji své rodině, kolegům a přátelům za trpělivost, podporu, cenné podněty a připomínky. A taktéž provozovatelům řešených zařízení za poskytnutí informací. Děkuji vám.

## **Abstrakt**

Hygiena a duševní očista těla byla vždy chápána jako každodenní součást života lidí. Mezi tyto aktivity se samozřejmě řadilo i soužití s vodou jako jedním z přírodních zdrojů života a energie. Za posledních sto let udělalo lázeňství a potažmo i bazénářství, dnes moderně často nazýváno jako wellness, obrovský krok kupředu. Není tím myšleno jen využití vody jako celku, ale i servis poskytovaný s těmito službami. Vzhledem nezadržitelnému rozvoji lidstva, je potřeba v globálním měřítku stále více energie, je nutno s energií náležitě hospodařit a nacházet nové zdroje, či opatření vedoucí ke snížení spotřeby energií všeho druhu. K tomuto tématu je i zaměřena předkládaná práce, která se zabývá efektivními a reálnými úsporami energií v krytých bazénových objektech, respektive samotných bazénových halách, které jsou svým rozsahem nejen co do velikosti objektu, ale i do spotřeby energií jedny z nejnáročnějších budov, vzhledem ke svým hygienickým a mikroklimatickým podmínkám pro jejich provoz.

Cílem práce je analýza tří vybraných bazénových hal s podobnými parametry z hlediska stavebních konstrukcí, zlepšení jejich vlastností a s tím související optimalizovaný návrh vytápění, větrání a přípravy bazénové vody. Všechny objekty nesplňují tepelně technické požadavky a vysoké nároky na hospodaření s energií dle současně platné české legislativy.

Tepelně technické vlastnosti konstrukcí jsou zlepšeny tak, aby vyhovovaly normovým požadavkům. Snížena je tak reálná potřeba tepelného výkonu. V souvislosti s úpravami dochází k novému návrhu vytápění, větrání a ohřevu bazénové vody. Základní zdroj energie je doplněn o zdroj obnovitelný pro snížení energetické náročnosti přípravy bazénové vody. Je řešena otázka komfortu mikroklimatu bazénových hal, zejména v souvislosti se sluneční radiací, která má také vliv na spotřebu energie.

Energetická náročnost všech objektů je posouzena pro původní a navržený stav, který vede reálně ke snížení potřeby energie. Toto je provedeno v souladu s platnou legislativou [35].

Každá řešená kategorie je vyhodnocena z hlediska energetických a finančních úspor. Konečným cílem je tak vyhodnocení navržených dílčích úprav, jenž vzešly z analýzy původních stavů, na jednotlivých bazénových halách, které vedou ke snížení energetické náročnosti budov jako celků.

Práce si klade za úkol osvětlit pohled na otázku návrhu bazénových hal a předejít tak nevhodným návrhům, které zbytečně zvyšují energetickou náročnost samotné budovy. Tyto problémy jsou v praxi velmi běžné.

*Klíčová slova: energetické úspory, bazénová hala, stavební fyzika, vytápění, větrání, příprava teplé vody.*

## **Abstract**

Mental hygiene and cleansing of the body has always been seen as part of everyday life. These activities are obviously ranked and coexistence with water as a natural source of life and energy. In the last hundred years has made spas and hence basins, now often called modern wellness huge step forward. Not only that meant the possibility of using water as a whole, but also services provided by these services. Given that human development is inevitable and that development needs on a global scale more and more energy is necessary to properly manage the energy and find new sources, or measures to reduce energy consumption of all kinds. On this topic is also directed this work, which deals with real and effective Energy saving in the indoor swimming pool buildings that are in scope only as to the size of the object, but also the energy consumption of one of the toughest buildings, due to its microclimate and sanitary conditions for their operation.

The aim of this work is an analysis of three selected swimming pool halls with similar parameters in terms of structures, improvement of their properties associated with the optimized plan of heating, ventilation and preparation of the pool water. All objects do not entirely fulfil thermal-technical requirements and high demands for energy management according to the present-day valid Czech legislation.

Thermal properties of structures are improved to meet today's requirements. The reduction is thus a real need for heat performance. In connection with modifications a new proposal of heating, ventilation and water heating is done. The basic source of energy is accompanied by renewable sources to reduce energy intensity of swimming pool water. The question of comfort of microclimate of pool halls is dealt with as well, especially in relation to solar radiation, which also has an impact on energy consumption.

The energy performance of buildings is assessed for the original and proposed condition that actually leads to reduction in energy demands. This is carried out in accordance with current legislation [35]. Each solved category is evaluated in terms of energy and financial savings.

The ultimate goal is to evaluate the proposed sub-changes that emerged from the analysis of the original states on individual swimming pool halls, which lead to reduction in the energy performance of buildings as a whole. This study aims to shed light on the question of design of swimming pool halls and thus prevent inappropriate proposals that unnecessarily increase energy performance of the building itself. These problems are very common in practice.

*Key words: energy savings, swimming-pool hall, building physics, heating, ventilation, hot water preparing.*

# Obsah

<b>Poděkování .....</b>	<b>3</b>
<b>Abstrakt .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>5</b>
<b>Obsah .....</b>	<b>6</b>
<b>Seznam použitých značek .....</b>	<b>8</b>
<b>1. Úvod .....</b>	<b>11</b>
1.1 Vývoj lázeňství ve světě .....	11
1.2 Vývoj lázeňství na území Čech a Moravy .....	12
1.3 Členění lázní a bazénů .....	16
1.4 Zásady návrhu bazénových objektů .....	17
1.5 Vybrané problémy a poruchy krytých bazénových objektů .....	18
1.6 Vývoj hospodaření s energiemi a související předpisy .....	24
<b>2. Cíle disertační práce .....</b>	<b>27</b>
<b>3. Metody řešení disertační práce .....</b>	<b>28</b>
3.1 Volba objektů .....	28
3.2 Postup řešení disertační práce .....	29
<b>4. Popis vybraných objektů .....</b>	<b>30</b>
4.1 Krytý bazén Ostrava-Vítek .....	30
4.1.1 Stavební část .....	30
4.1.2 Popis technologie .....	31
4.2 Krytý bazén Havířov .....	32
4.2.1 Stavební část .....	32
4.2.2 Popis technologie .....	33
4.3 Krytý bazén Orlová .....	35
4.3.1 Stavební část .....	35
4.3.2 Popis technologie .....	36
4.4 Souhrnné údaje .....	37
<b>5. Tepelně technické posouzení obalových konstrukcí bazénových hal .....</b>	<b>38</b>
5.1 Tepelně technické požadavky na návrh bazénových hal dle ČSN 73 0540-2/2007 .....	38
5.2 Výpočet součinitelů tepla pro bazénové haly .....	39
5.3 Příčiny indifferencie mezi požadavky ČSN 73 0540-2/2007 a vypočtenými hodnotami součinitelů prostupu tepla, konstrukční změny .....	41
5.3.1 Krytý bazén Ostrava-Vítek .....	41
5.3.2 Krytý bazén Havířov .....	43
5.3.3 Krytý bazén Orlová .....	43
<b>6. Výpočet tepelného výkonu .....</b>	<b>44</b>
6.1 Celková návrhová tepelná ztráta .....	44
6.2 Návrhová tepelná ztráta prostupem .....	44
6.3 Návrhová tepelná ztráta větráním .....	44
6.4 Nucené větrání .....	45
6.5 Shrnutí výpočtu tepelného výkonu .....	45
<b>7. Výpočet tepelné zátěže a celková tepelná bilance objektů .....</b>	<b>48</b>
7.1 Tepelné zisky od osob .....	48
7.2 Produkce tepla svítidel .....	49
7.3 Tepelné zisky od technologie .....	49
7.4 Tepelné zisky od elektronických zařízení .....	49
7.5 Tepelné zisky od součástí klimatizačního zařízení .....	49
7.6 Jiné zdroje tepla .....	50
7.7 Prostup tepla konvekcí oknem .....	50
7.8 Prostup tepla oknem sluneční radiací .....	50

7.9	Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu .....	51
7.10	Vodní zisky.....	51
7.10.1	Teplo potřebné k odpaření.....	51
7.10.2	Odpar z mokrého povrchu nebo hladiny .....	51
7.11	Vyhodnocení tepelných zisků .....	52
7.12	Celková tepelná bilance pro letní a zimní období.....	55
<b>8.</b>	<b>Návrh větrání.....</b>	<b>57</b>
8.1	Letní období .....	57
8.2	Zimní období .....	58
<b>9.</b>	<b>Ohřev bazénové vody .....</b>	<b>62</b>
9.1	Měsíční potřeba tepla na krytí tepelné ztráty z hladiny vnitřního bazénu.....	62
9.2	Potřeba tepla pro ohřev doplňované vody.....	63
9.3	Výpočet celkové potřeby tepla pro ohřev bazénové vody .....	63
<b>10.</b>	<b>Shrnutí energetické náročnosti objektů.....</b>	<b>66</b>
<b>11.</b>	<b>Hodnocení energetické náročnosti budov dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov .....</b>	<b>67</b>
11.1	Metodika hodnocení energetické náročnosti budov .....	67
11.2	Vstupní data pro výpočet energetické náročnosti řešených budov .....	68
11.3	Výsledky bilančního hodnocení energetické náročnosti řešených budov .....	74
<b>12.</b>	<b>Porovnání vypočtených výsledků s reálnými odběry energie.....</b>	<b>75</b>
<b>13.</b>	<b>Simulace spotřeby energií a vnitřního mikroklimatu bazénové haly .....</b>	<b>78</b>
<b>14.</b>	<b>Vyhodnocení výsledků práce .....</b>	<b>83</b>
<b>15.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>90</b>
<b>16.</b>	<b>Doporučení dalšího postupu ve výzkumu .....</b>	<b>90</b>
<b>17.</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>91</b>
17.1	Odborné publikace, monografie, skripta.....	91
17.2	Články, firemní literatura, internetové portály .....	91
17.3	Normy.....	92
17.4	Zákony a vyhlášky .....	93
17.5	Seznam použitých výpočtových programů .....	93
<b>18.</b>	<b>Seznam vlastních publikací.....</b>	<b>94</b>
<b>19.</b>	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>97</b>
<b>20.</b>	<b>Seznam grafů .....</b>	<b>98</b>
<b>21.</b>	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>99</b>
<b>22.</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>100</b>

## Seznam použitých značek

$U_{N,20}$	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	součinitel prostupu tepla pro budovy s návrhovou vnitřní teplotou 20 °C
$e_1$	[-]	součinitel typu budovy, stanoví se ze vztahu
$\Delta\theta_{ie}$	[°C]	základní rozdíl teplot vnitřního a venkovního vzduchu
$\Delta\theta_{ae}$	[°C]	návrhová teplota venkovního vzduchu
$\Phi_{T,i}$	[W]	návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru prostupem tepla
$\Phi_{V,i}$	[W]	návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru větráním
$H_{T,ie}$	[W/K]	jsoučinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm budovy
$H_{T,iue}$	[W/K]	součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem
$H_{T,ig}$	[W/K]	součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu
$H_{T,ij}$	[W/K]	součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu
$\theta_i$	[°C]	výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru
$\theta_e$	[°C]	výpočtová venkovní teplota
$H_{V,i}$	[W]	součinitel návrhové tepelné ztráty větráním
$V_{,i}$	[m <sup>3</sup> /s]	výměna vzduchu ve vytápěném prostoru
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota vzduchu při $\theta_{int,i}$
$c_p$	[kJ/(kg.K)]	měrná tepelná kapacita vzduchu při $\theta_{int,i}$
$V_{inf,i}$	[m <sup>3</sup> /h]	množství vzduchu infiltrovaného do vytápěné místnosti
$V_{su,i}$	[m <sup>3</sup> /h]	množství vzduchu přiváděného do vytápěné místnosti
$V_{mech,inf,i}$	[m <sup>3</sup> /h]	rozdíl množství vzduchu mezi odváděným a přiváděným do vytápěné místnosti
$\theta_{su,i}$	[°C]	teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru
$Q_1$	[W]	tepelné zisky od osob
$i_1$	[-]	počet lidí
$t_i$	[°C]	vnitřní výpočtová teplota
$Q_{sv}$	[W]	produkce tepla svítidel
$P$	[W]	celkový příkon svítidel
$c_1$	[-]	součinitel současnosti používání svítidel
$c_2$	[-]	zbytkový součinitel
$Q_m$	[W]	tepelné zisky od technologie



$c_{1m}$	[-]	součinitel současnosti chodu všech elektromotorů
$c_{2o}$	[-]	zbytkový součinitel při odsávání
$c_{3s}$	[-]	průměrné zatížení strojů
$N$	[W]	štítkový výkon elektromotorů
$\eta_m$	[%]	účinnost elektromotorů
$Q_c$	[W]	tepelné zisky od elektronických zařízení
$P$	[W]	příkon elektronických zařízení
$Q_v$	[W]	tepelné zisky od součástí klimatizačního zařízení
$V$	[m <sup>3</sup> /s]	průtok vzduchu ventilátorem
$\Delta p$	[Pa]	celkový tlak ventilátorů
$\eta_v$	[%]	účinnost ventilátorů
$\eta_m$	[%]	účinnost elektromotorů
$\alpha$	[-]	součinitel přestupu tepla konvekcí a sáláním
$S$	[m <sup>2</sup> ]	teplosměnná plocha
$\Delta t_m$	[K]	střední rozdíl teplot mezi povrchem a vzduchem v místnosti
$Q_{ok}$	[W]	prostup tepla konvekcí oknem
$k_o$	[W/(m <sup>2</sup> ·K)]	součinitel prostupu tepla oknem
$S_o$	[m <sup>2</sup> ]	plocha okna včetně rámu
$t_e - t_i$	[K]	rozdíl teplot na obou stranách okna
$Q_{OR}$	[W]	prostup tepla oknem sluneční radiací
$S_{OS}$	[m <sup>2</sup> ]	osluněný povrch oken
$S_o$	[m <sup>2</sup> ]	povrch oken
$I_o$	[W/m <sup>2</sup> ]	celková intenzita sluneční radiace
$I_{o\ dif}$	[W/m <sup>2</sup> ]	intenzita difúzní sluneční radiace
$c_o$	[-]	korekce na čistotu atmosféry
$s$	[-]	stínící součinitel
$Q_a$	[W]	tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu
$V_a$	[m <sup>3</sup> /s]	přívod čerstvého vzduchu
$\rho_a$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota vzduchu
$c_a$	[J/(kg·K)]	měrná tepelná kapacita vzduchu
$Q_o$	[W]	teplo potřebné k odpaření
$M_w$	[kg/s]	odpar z mokrého povrchu nebo hladiny
$w$	[m/s]	střední rychlost proudění vzduchu nad mokrým povrchem
$S$	[m <sup>2</sup> ]	plocha mokrého povrchu nebo hladiny
$x_p$	[kg/kg]	měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě povrchu

$x$	[kg/kg]	měrná vlhkost nasyceného vzduchu nad povrchem
$Q_{OR}$	[W]	tepelný sluneční zisk radiací
$Q_U$	[W]	tepelný prostup tepla stavebními konstrukcemi
$Q_L$	[W]	tepelný zisk od osob
$Q_{hl}$	[W]	přestup tepla mezi hladinou a okolním vzduchem
$Q_l$	[W]	zisk vázaným teplem daný odparem z volné hladiny
$n$	[-]	počet dnů v měsíci
$\sigma_p$	[hod]	denní provozní doba bazénu
$\beta_p$	[kg/(h.m <sup>2</sup> .Pa)]	součinitel přenosu hmoty vypařováním v době provozu
$\beta_n$	[kg/(h.m <sup>2</sup> .Pa)]	součinitel přenosu hmoty vypařováním v době mimo provoz
$A_b$	[m <sup>2</sup> ]	plocha vodní hladiny bazénu
$t_{w,p}$	[°C]	teplota bazénové vody v době provozu
$t_{w,n}$	[°C]	teplota bazénové vody v době mimo provoz
$t_{v,p}$	[°C]	vnitřní návrhová teplota v bazénové hale v době provozu
$t_{v,n}$	[°C]	vnitřní návrhová teplota v bazénové hale v době mimo provoz
$p''_{dtw}$	[Pa]	tlak syté vodní páry těsně nad hladinou při teplotě vzduchu rovné teplotě bazénové vody
$p''_{dtv}$	[Pa]	tlak vodní páry v okolním vzduchu při teplotě $t_v$ a vlhkosti $\phi_v$
$l_w$	[J/kg]	výparné teplo vody
$h_i$	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	součinitel přestupu tepla mezi okolním prostředím a hladinou bazénu sáláním a prouděním
$k$	[-]	počet návštěvníků
$V_{SV,OS}$	[l/os]	měrná potřeba přiváděné čisté vody na návštěvníka
$\Delta t_w$	[K]	rozdíl teploty přiváděné vody a vody v bazénu.
$E_P$	[GJ/rok]	vypočtená celková roční dodaná energie
$A_c$	[m <sup>2</sup> ]	celková podlahová plocha

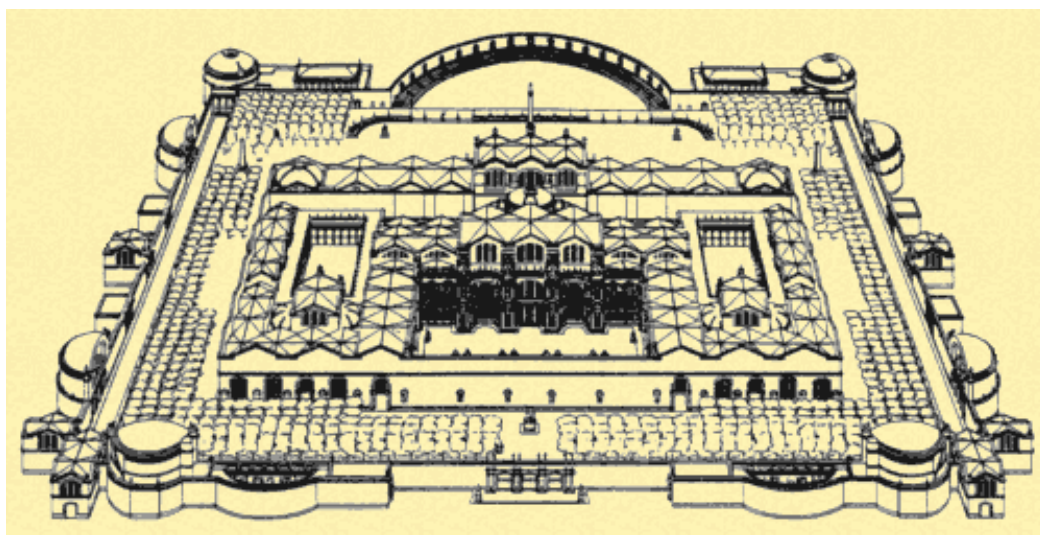
## 1. Úvod

### 1.1 Vývoj lázeňství ve světě

Rozvoj lázeňství byl v průběhu vývoje dějin téměř vždy indikátorem civilizační úrovně a stupně materiální zabezpečenosti společnosti. Primitivní společnosti si vystačily s přírodními zdroji (např. čejenská lázeň je koupelí v ledové řece s následováním zabalením do bizoní kůže), vyšší formy lázeňství a koupelí se rozvíjely až po zajištění základních nezbytných potřeb společenství. Součástí životního stylu i společenské filosofie různých lidských společenství se též postupně stalo i užívání koupelí, tedy projevem, kterým se lišilo od společenství jiných, hojně označovaných za „společenství barbarská“. Na takovéto návštěvy lázní se nabalovaly další jevy jako je sport, umění, náboženský kult, který poté dotvářel sociální stránku celé společnosti. To úzce souviselo s navazováním mezilidských styků a kontaktů. Nynější touha a směr přenášet funkce koupelí do soukromí jako jsou rodinné bazény, sauny, wellness toto mezisociální působení zeslabují.

Již ve starověku Asyřané, Indové, Egypťané a jiné národy poznaly léčebné účinky koupelí a jejich kladný vliv na udržení zdraví. Jak bylo uvedeno, mnohdy se tyto obřady spojovaly s bohoslužebnými obřady, proto byly mnohdy tyto koupele budovány v blízkosti chrámů. Taktéž ve starověkém Řecku bylo lázeňství velmi rozvinuté, jednalo se o známé gymnasiony, jejichž součástí byly teplovzdušné a vanové koupele s bazény. Vrcholu v lázeňství dosáhli Římané, kteří využívali všechny druhy koupelí včetně termálních krytých bazénů. Již tehdy byly koupele místem veřejným pro rodiny a nebo i vybranou společnost. Ke koupeli využívali čtyři základní formy. Teplovzdušnou komoru, horkou vodní koupel, studenou koupel a masážní místnost [2]. Již v této době se začínají formovat zařízení s koupelemi a příslušenstvím jako je známe dnes ve smyslu akvaparků a např. městských lázní. Nejznámějšími římskými lázněmi byly Caracallové lázně s kapacitou 2300 lidí, a to se počítal rok cca. 250 n. l.! S rozrůstajícím vlivem Římanů a jejich říše se tato kultura šířila dále téměř po celé Evropě a severní Africe, kde Římané také měli své kolonie a dobytá území. Taktéž tomu bylo na územích nynějšího Turecka, které si vzalo příklad z lázní římských, kde typický, jadrný lázeňský kolorit ve velké míře přetrvává dodnes, i když zde převažuje lázeňství ve formě kombinování mokré sauny s masáží a následných oplachování celého těla. Toto se děje v jedné velké místnosti zvané caldarium s kopulí, kterou dovnitř jemně prosvítá slunce. Uprostřed caldaria je velký vyhřívaný mramorový stůl, který slouží zároveň jako saunovací zdroj a masážní stolice zároveň. Po obvodu caldaria jsou rozmístěny malé kašny s vodou a lázeňským

nádobím. Doposud platí přísný zákaz jakéhokoliv společného styku mezi muži a ženami v takovýchto lázních. Prostory jsou absolutně odděleny a taktéž není možné, aby v části, jenž je určena mužům, o ně pečovala žena a naopak. Toto se ovšem dle slov provozovatele jednoho z takovýchto zařízení mění na popud turistického ruchu, avšak prý naštěstí jen ojediněle. Po vlastních „procedurách“ a celkovém umytí těla vlažnou vodou následuje zábal do prostěradel a ručníků, jenž je doprovázen relaxací u jezírka v atriu s rybičkami, příjemnou tureckou hudbou a typickým černým čajem (vlastní zkušenost autora). S úpadkem Římské říše upadlo i lázeňství samotné. Naproti tomu se u severských Skandinávských zemí a Ruska vyvinul zcela samostatný typ lázeňství ve smyslu finských a ruských saun, podobně jak je známe dnes u nás.



Obrázek 1: Pohled na komplex Caracallových lázní, rok 245 n.l. [11]

## 1.2 Vývoj lázeňství na území Čech a Moravy

V zemích koruny České se lázeňství začínalo rozvíjet v období 15. století. Snad nejznámější je pověst o vzniku Karlových Varů. Jedním z prvních kdo zachytili nejstarší karlovarskou pověst o objevení Vřídla Karlem IV., byl renesanční lékař Dr. Fabian Sommer, rodák z Karlových Varů. Vypráví se, že Karel IV. kdysi podnikl loveckou výpravu do lesů v hornatých končinách a údolích, kde nyní vyvěrají horké prameny. Zdejší lesy oplývaly zvěří. Při lovu jeden ze psů počal štvát kus divoké zvěře. Při jeho pronásledování spadl do tůně, odkud nyní prudce tryská horká voda. Pes začal bolestí výt. Lovci, kteří uslyšeli psí nářek, přispěchali v domnění, že jej poranila pronásledovaná zvěř. Podívaná, jenž se jim naskytla, je velice udivila. Přistoupili blíže, vytáhli psa z tůně a pak sami ochutnali horkou vodu, jenž tolik vyděsila psa. O celé události zpravili císaře Karla IV.,

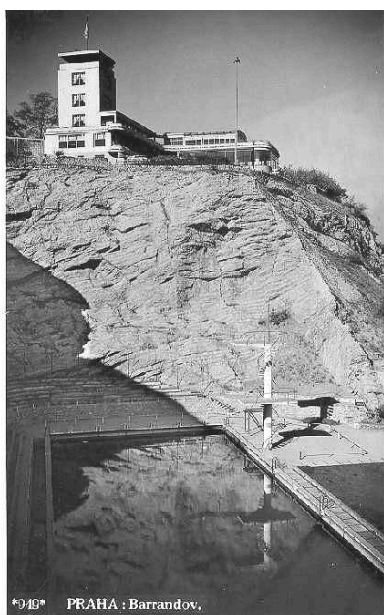
který se pak s četnou družinou vydal k onomu místu, aby tam sám obdivoval nevšední dílo přírody. Za přítomnosti svých lékařů moudrý panovník poznamenal, že takováto horká voda může zažehnat mnohé těžké nemoci a jest velmi užitečná a posilující. Poté vodu sám užil (prý měl nemocnou nohu) a seznal úlevu a zlepšení. Nad tím se panovník radoval a brzy nařídil, aby celé místo bylo osídleno a kol pramene zřízeny domy [14].

Na Moravě jsou počátky lázeňství spojované s vodoléčbou uváděny nejčastěji s Vincenzem Priessnitzem. Podle jeho vzoru vyrostly desítky vodoléčebných ústavů po celé Evropě. Narodil se 4. října 1799 jako šesté dítě chalupníka Jana Františka a Marie Terezie Evy Priessnitzových v malé osadě Gräfenbergu vzdálené 2,5 km od Frývaldova (Jeseník). První praktické zkušenosti léčivých účinků studené vody získával na sobě. V 16 letech spadl Vincenz pod plně naložený koňský povoz a kola mu přejela hrudník. Přivolaný ranhojič prohlásil zranění za smrtelné, v lepším případě prý z mladíka zůstane mrzák. Vincenz však opět vsadil na vodu. Léčení sice trvalo rok, ale na konci byl Vincenz zdrav. Zpráva o tomto "zázraku" se rychle rozkřikla. Na Gräfenberg začali přicházet lidé z blízkého, později vzdáleného okolí a prosili o pomoc. Priessnitz pomoc neodmítal - napravoval vykloubené ruce a nohy, krevní výrony a zlomeniny, později i revmatismus, dnu, chronickou zácpu, nemoci jater a žaludku. Pověst o jeho nové léčebné metodě a jejích výsledcích se rozletěla do světa.

"Vodní doktor" jesenických hor měl stále více příznivců, ale i nepřátel v řadách závistivých lidí a lékařů. V r. 1822 dal přestavět svůj původně dřevěný rodný dům v prostornější kamenný dům se speciálními prostory určenými pro léčení. Tento dům se tak stal prvním vodoléčebným ústavem v našich zemích. Okolní lékaři rozpoutali proti laickému a "nevědeckému" způsobu léčení hysterickou kampaň. Byly podávány proti němu žaloby. Tuto, pro Vincenze Priessnitze, velmi těžkou situaci pomohla rozuzlit württemberská vláda, která se rozhodla zřídit ve své zemi léčebný ústav podle Priessnitzova vzoru a požádala panovnický dvůr ve Vídni o dobrozdání. Na základě tohoto dobrozdání bylo v r. 1838 konečně vydáno povolení k definitivnímu provozu lázní. Priessnitz ještě téhož roku zahájil výstavbu nového velkého léčebného domu. Rok 1839 byl nesporným vrcholem lázeňského provozu Priessnitzovy éry. Na Gräfenbergu se léčilo přes 1.500 pacientů a přijelo i 120 lékařů z celé Evropy, aby tu studovali Priessnitzovy léčebné metody a podle jejich vzoru pak doma založili vodoléčebné lázně. Vincenz Priessnitz se dočkal za svého života vynikajících poct. Vděční pacienti z Maďarska dali na lázeňské promenádě postavit významným mnichovským sochařem L. Schwanthalerem

bronzový pomník Iva. V roce 1846 udělil Priessnitzovi rakouský císař Ferdinand V. Zlatou občanskou záslužnou medaili I. třídy. Vincenz Priessnitz byl jeden z prvních, kdo uvedl do praxe důležitou potřebu moderní doby: návrat člověka k přírodě. Po celý život se řídil zásadou "následovat přírodu" - nic nevynucovat. Kromě studených obkladů, mokrých zábalů a omývání postižených míst houbou uplatňoval při svém léčení i další, do té doby nepoužívané metody, k nimž patřila zejména potná kůra, po níž se propocení pacient na krátkou chvíli ponořil do kádě se studenou vodou (sauna, tak jak ji známe dnes). Léčebné procedury doplňovala i pracovní terapie spojená s tělesnou námahou, pravidelná životospráva a dostatek spánku. Sláva objevitele novodobé vodoléčby trvala i po jeho smrti. [16]

Ovšem opravdové počátky plaveckých bazénů jak je známe dnes, se počaly psát za 1. republiky. Důkazem toho je například letní koupaliště v Litomyšli, koupaliště ve Volyni, které je zapsáno na seznam chráněných kulturních památek. Zajímavým počinem z oné doby, 16.8.1930 byla plovárna otevřena, je již existující jen torzo 50 m bazénu v Praze pod barrandovskými terasami, jehož tvůrcem byl architekt Václav Kolátor. V této době se opět vrátilo plavání a lázeňství k samozřejmým součástem lidského života, jak tomu bylo o mnoho staletí dříve. Přispěly k tomu taktéž široce oblíbené tzv. říční lázně, jenž byly zřizovány u větších řek (možno shlédnout ve filmu Rozmarné léto), nevyjímaje jezera.

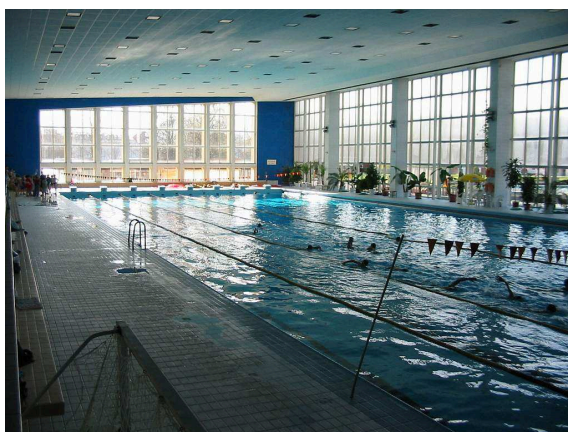


*Obrázek 3: Současné torzo [15]*

*Obrázek 2: Dobový pohled na barrandovské terasy s plovárnou [16]*



Po druhé světové válce se postupně rozmach veřejných koupališť a lázní silně rozmáhal. Za posledních 50 let bylo postaveno několik stovek koupelových objektů s bazény. Jako první krytý 50 m bazén, který splňoval olympijská kritéria v tehdejším Československu, byl postaven v Žilině. Se stavbou se započalo již v roce 1959, a poprvé si bylo možné zaplavat v tomto zařízení dne 15.7.1963. Během let 1991 – 1996 prošel objekt celkovou rekonstrukcí, kde dnes slouží jak původní 50 m krytý bazén, tak i dva venkovní, též s délkou 50 m. Dále i sauna, tobogán, restaurace a minigolf. Nyní se celý komplex nazývá Městská krytá plavárna Žilina.



*Obrázek 4: Vnitřní pohled na bazén Městské plavárny krytého bazénu v Žilině [44]*



*Obrázek 5: Celkový pohled na komplex Městské plavárny krytého bazénu v Žilině [44]*

Tyto starší objekty již potřebují nutně celkovou rekonstrukci. Novější jsou mnohdy postaveny s různými konstrukčními chybami, jenž se z dnešního pohledu poznání nešlo často vyhnout. Podobně jako u jiných velkých objektů, jenž jsou náročné na potřebu energie je v dnešní době potřeba řešit tuto neutěšenou situaci. To by bylo možné při rekonstrukcích těchto objektů v součinnosti s novými tepelně-technickými poznatky, technologiemi a materiály. Taktéž technologickými zařízeními k vytápění, chlazení a přípravě teplé vody (pokud možno z obnovitelných zdrojů energie), které jsou ovšem často limitovány právě stavební stránkou objektů.

Je tedy zcela zřejmé, že ať se lázeňství v průběhu dějin vyvíjelo jakýmikoliv směry, jak je známe dnes, ať jsou to již léčebné vanové koupele, sauny, masáže, či bazény určené pro sport, vždy mělo společné cíle. Ozdravění a vzpruhu těla, duše a společenský kontakt. Tak tomu je i dnes v našich zeměpisných šířkách, kde si pod pojmem lázeňství často představujeme velký bazén s vodou určený především k plavání, sportu a zábavě.

I toto jsou samozřejmě možnosti, jak v dnešní neutěšené době, často při sedavém zaměstnání, lze osvěžit tělesnou a duševní schránku člověka. Tedy „ve zdravém těle, zdravý duch“.

### 1.3 Členění lázní a bazénů

Komunální lázně členíme dle typu stavby, dle účelu použití, případně dle provozovatele a času provozu [2].

Dle typu stavby:

- přírodní koupaliště
- umělá koupaliště
  - otevřená koupaliště (nekryté bazény);
  - uzavřená koupaliště (kryté bazény);
  - kombinované bazény.

Dle účelu použití:

- očistné
  - vanové;
  - sprchové.
- potní:
  - sluneční;
  - teplovzdušné;
  - horkovzdušné;
  - parní.

Dle druhu provozovatele a využití:

- veřejné
  - rekreační;
  - sportovní;
- neveřejné

Dle času provozu:

- s celoročním provozem (kryté bazény);
- se sezónním provozem (nekryté);
- s prodlouženým provozem (při zdrojích termální vody).



## 1.4 Zásady návrhu bazénových objektů

Již při architektonickém návrhu a dispozičním návrhu řešení bazénových objektů, tak i přílehlých částí jako zahrady apod., je třeba si uvědomit a počítat s tím: „jaký, za kolik, pro kolik lidí, k jakým účelům, zda vnitřní či venkovní atd.“ V podstatě lze říci, že vše se odvíjí od množství financí k tomu určených, a proto je třeba najít rozumný kompromis, vyváženou variantu, mezi cenou a užitnou hodnotou. Dále je nutno si uvědomit, že se vesměs jedná o stavby určené a projektované na desítky let. Proto jakékoliv dodatečné opravy a zásahy do konstrukcí mohou následně dosáhnout nemalých finančních částek.

Jako hlavní zásady umístění z pohledu architekta musí bazén (venkovní) plynule navazovat na daný objekt vzhledem k intimitě, ale i např. k případným pozdějším stavebním úpravám (zakrytí atd.) je třeba respektovat vzdálenosti od okolních objektů dle [43]. Bazén si vyžaduje samostatnou a dobře izolovanou místnost s výborným vytápěcím a větracím systémem doplněnou o rekuperaci. Dispozičně by se měl prostor bazénu řešit v přímé návaznosti na ostatní místnosti objektu (šatny, zázemí) sloužící nejen pro sport a oddech (vířivé koupele, sauna aj.). Vhodné je též propojení např. s venkovním prostorem, třeba zahradou. Z tepelně technického hlediska je doporučeno zredukovat množství ochlazovaných venkovních ploch na minimum (včetně okenních výplní) a bazén umístit, pokud možno, odděleně od ostatních prostor, jenž mají výrazně jinou vnitřní výpočtovou teplotu, než samotná bazénová hala. Někdy je tento problém řešen tak, že bazénová hala je obklopena jinými prostory s teplotou nižší než je požadována vnitřní výpočtová teplota v bazénové hale, ne však tolik, jako teplota venkovní výpočtová. A proto je také třeba návrh konstrukcí tvořit se znalostí jejich chování v teplém a vlhkém prostředí.

Z pohledu tepelného hlediska je potřeba mít též na vědomí, že každý bazén, pokud možno, si vyžaduje slunečnou polohu, nebo přímé sluneční záření, což je nejlevnějším a výhodným zdrojem energie. Bazén je třeba situovat na jižní nebo jihozápadní světovou stranu v přímé návaznosti na terasu, či odpočinkovou plochu nebo zákoutí. Je důležité respektovat dopad slunečního záření na místě zřízení bazénu. Toto sluneční záření do jisté míry přispívá ke snížení energetické náročnosti vzhledem k ohřevu vnitřního vzduchu i bazénové vody. Tato doporučení platí všeobecně pro otevřená, nekrytá koupaliště. To je v pořádku. Jestliže však podobným způsobem je situován i krytý bazén setkáme se v letních měsících často se situací, kdy prosklení bazénové haly může být navrženo nevhodně (velké transparentní plochy situovány přímo na osluněné straně objektu s nevhodnou úpravou stínění, apod.). Posléze se v letních

měsících projeví tato skutečnost nepříjemně zvýšenou tepelnou zátěží, kterou je nutno eliminovat ať již dodatečnými technickými řešeními (venkovní žaluzie na oknech, termoizolační folie) a nebo za použití intenzivního větrání, či dokonce energeticky náročného chlazení prostoru bazénové haly. Dalo by se říci, že naopak v zimních měsících bude výše uvedená skutečnost k dobru z hlediska energetické spotřeby. Není tomu tak, jelikož dnešní tepelné technické požadavky na stavební konstrukce jsou na výrazně vyšší úrovni, než tomu bylo v době výstavby těchto zařízení. Tuto otázku řeší soubor norem ČSN 73 0540:1-4, jenž v blízké době opět projde revizí a dalším zpřísněním požadavků na konstrukce. A dále je nutno si uvědomit, že intenzita sluneční radiace je v zimních měsících cca třetinová oproti měsícům letním.

## 1.5 Vybrané problémy a poruchy krytých bazénových objektů

Při každé přípravě projektu musí vždy předcházet fáze přípravná, která by měla zahrnout celkovou úvahu nebo studii o výstavbě zamýšleného díla. Již v tomto momentě se musí uvažovat s koncepcí, která předurčuje ekonomické, investiční a provozní náklady. Dalším nedostatkem může být výběr vhodného projektanta. Volba by měla probíhat transparentně a měl by být zvolen ten, který má již dostatečnou zkušenost s projektováním těchto provozů. Jedním z důležitých aspektů je mnohdy podcenění projektové přípravy ze strany investora, který na ní často šetří. Projektant poté nemusí mít dostatek podkladů a v některých případech jsou vystaveni velmi krátké době zpracování projektové dokumentace. Všeobecně je známo, že se šetří celkově, kde jen to jde. Toto přehnané šetření se následně v čase promítne v různých poruchách nebo chybných návrzích konstrukcí apod. Mnoho staveb je toho důkazem. V neposlední řadě zde může být samozřejmě i na vině nedostatečný dozor investora nebo projektanta.

Zde je uveden výčet některých problémů s kterými se autor setkal ve své praxi. Nutno dodat, že některé se již na nově postavených či zrekonstruovaných objektech nevyskytují tak často jako tomu bylo dříve, před cca. 10 – 15 lety. Tyto problémy následně souvisí se spotřebou energií a ovlivňují tak kvalitu objektu dle [35], [37], [22], [24].

- nevhodně vyřešený turniket na odbavování zákazníků - jde především o špatně situované přepážky, mnohdy chybí transparentní přehled o počtu návštěvníků, který lze vyřešit použitím čipů. Toto má často za následek nemožnost interaktivně a pružně řídit technologii na úpravu bazénové vody;
- málo prostorná vstupní hala – problém typologie objektu;

- malý sklon podlahy ochozu k odtokovým žlábkům u hlavního bazénu - tvoří se tak kaluže vody, které je nutno častěji stírat. Hrozí zde uklouznutí osob, tvorba bakterií ve vodě, která se delší dobu nachází bez chemického ošetření, a může být poté vnášena do bazénu. Z toho plyne další zvýšená spotřeba chemikálií a energie pro oběhová čerpadla. Dále zvýšená produkce vlhkosti způsobena odparem v důsledku podlahového vytápění;
- prostory kolem venkovních bazénů jsou nedostatečně vydlážděny a mnohdy zde chybí sprcha nebo brodítko, kde by si návštěvníci mohli umýt alespoň nohy. Vnáší tak nečistoty do vody (opět následně zvýšená spotřeba chemie a elektrické energie na údržbu nezávadné bazénové vody, vesměs u venkovních bazénů);
- odtokové nerezové žlábký jsou spojeny ostrým plechem - kdy může hrozit poranění chodidla. Žlábký nejsou dobře čistitelné (profil kuželky);



*Obrázek 6: Pohled na špatně vyčištěný nerezový odtokový žlábek [44]*

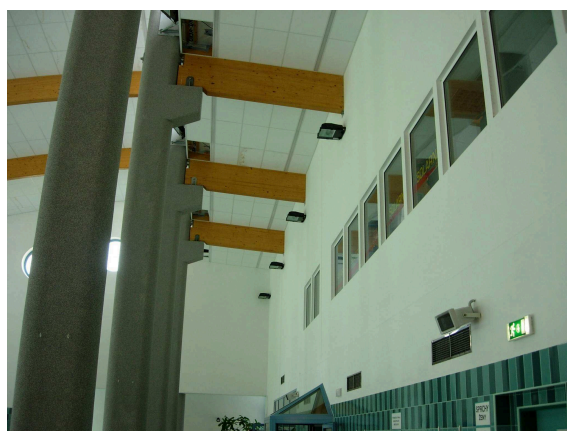
- problémy s vázaným chlórem – v projektové dokumentaci technologického zařízení na údržbu nezávadné vody v bazénu je často zanedbán ohled na vázaný chlor dle [36] (max. 0,3 mg/l). Často se tento problém řeší až za zkušebního provozu, kdy je nejčastěji řešen dodatečnou instalací ozónovacího zařízení nebo filtry s aktivním uhlím;
- nedostatek odkládacích míst u hlavního bazénu - absence laviček, věšáků, poliček atd.;
- některé objekty byly zkonstruovány s pomocí využití dřevěných vazníků tvořící hlavní nosnou konstrukci při překlenutí bazénové haly a zároveň jsou důležitým architektonickým prvkem. Bývají však nedostatečně ošetřeny proti vlhkosti a nepříznivému prostředí - místy praskají (v interiéru), na venkovním povětří začínají pracovat (kroutit se), i když jsou lepené v několika vrstvách;

- nevhodná skladba střešních konstrukcí – kondenzace vody uvnitř střešního pláště, která následně prosakuje podhledem (absence tepelně technického výpočtu). Nutno dodržet požadavky [19], [20], [21]. Tento problém se často zprvu řeší rozebráním části podhledu, aby bylo umožněno alespoň částečné větrání, později však musí přijít na řadu celková rekonstrukce střešního pláště, neboť postupem času hrozí porušení hlavních nosných konstrukcí (koroze oceli, napadení dřevěných vazníků plísněmi a houbami apod.). Dále se při výskytu vody ve střešním plášti zvyšují neúměrně nároky na vytápění haly;



*Obrázek 7, 8: Pohledy na stropní konstrukci s kondenzací vody ve vnitřním plášti [44]*

- korodující nerezové části - potrubí, krycí rámečky větracích průduchů apod. Na vině je ve většině případů špatná volba třídy nerezové oceli (minimálně ocel třídy 17), která je určena do agresivnějšího prostředí důsledkem použití chlóru;
- okna v hlavní bazénové hale jsou nepřístupná - nelze je umýt, je nutno použít vysouvacího žebříku;



*Obrázek 9: Pohledy do bazénové haly s nepřístupnými pevnými vnitřními okny [44]*

- osvětlení v celém objektu je špatně přístupné - pro výměnu výbojek a pravidelnou údržbu (čištění) je nutno opět použít výsuvný žebřík;
- nevhodně situováno pracoviště plavčíka – občas se tento nešvar vyskytuje (není příliš častý, záleží na konstrukci objektu), přes vnitřní sloupy v hale není vidět na venkovní, místy i na vnitřní bazén. Je-li obvodový plášť tvořen skleněnou výplní s antireflexní úpravou, někdy se může stát svítí-li ostré slunce, skleněná výplň vytváří zrcadlo a není vidět na venkovní bazén. Může tak docházet k ohrožení tonoucích osob;
- hlavní elektrorozvodna s jističi se nachází v 2.NP, zatímco hlavní strojní zázemí je situováno v 1.NP, kde je velký bazén, plavčík a obsluha má zde zázemí. Dochází tak k omezené a pozdní obsluze v krizových situacích, pracovníci vykonávající obsluhu se rychleji unaví stálými pochůzkami po pracovišti;
- kondenzace vody v koutě u hlavního bazénu - pod francouzskými okny jsou umístěny konvektory s ventilátory pro lepší proudění teplého vzduchu, motorky ventilátorů nefungují správně, jsou napájeny jen 4V místo požadovaných 12V, vinou toho dochází v tomto zákoutí ke kondenzaci vody, což je v rozporu s [19], [20] (kondenzát stékal po zdech) ve vzduchu až do stropu, toto místo je nevětrané. (Pozn. autora: skutečný příklad z jednoho neřešeného zařízení v této disertační práci);



*Obrázek 10: Zrcadlí se úprava venkovního obvodového pláště [44]*

- chybějící úklidové místnosti a místnost na sklad chemikálií – vyskytující se u nových objektů. Chemikálie k údržbě vody a přilehlých bazénových prostor jsou skladovány nesprávně přímo v technologické části, pochůzí zóně nebo různě po pracovišti;





Obrázek 11: Sklad chemikálií v pochůzí zóně [44]

- malé prostory pro strojní zařízení – projektant evidentně zanedbal případ, kdy je třeba opravit nebo vyměnit porouchaná zařízení, úzký komunikační prostor i ke kontrole jednotlivých částí a armatur, velmi malá možnost dodatečné instalace různých strojů a zařízení;

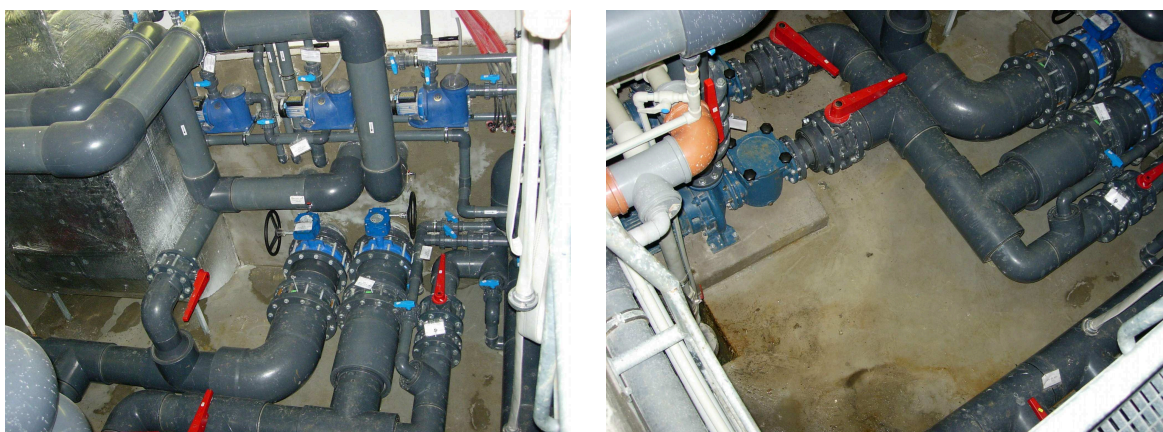


Obrázek 12: Úzký komunikační prostor mezi technologií [44]

- nevhodná volba kogeneračních jednotek (jestliže jsou použity) – tento problém se vyskytuje zřídka, o to víc je závažnější. Kogenerační jednotky bývají naddimenzovány, jsou velmi výkonné a pracují ve střídavém provozu, pokud jsou minimálně dvě. Nepracují na plný výkon, vypadává jejich chod a je špatná komunikace s otopnou soustavou a kotlem. Je chybou projektanta, že volí kogenerační jednotku jako hlavní zdroj tepla a poté k ní teprve přidá kotel. Naopak kotel by měl být primárním zdrojem veškerého tepla a k němu by se měla přidat

kogenerační jednotka, jako zdroj sekundární. Nezapomínejme proto, že kogenerační jednotka je určena především k výrobě elektrické energie;

- výparník kogenerační jednotky je umístěn v kotelně – hrubý přestupek proti logickému myšlení, jedná se o teplé místo a dochází tak k pomalému ochlazení výparníku;
- nevhodná volba jednotlivých částí technických zařízení - jiný výrobce kotle(ů), jiný výrobce kogeneračních jednotek atd., z toho plyne mnohdy velmi obtížná vzájemná elektronická komunikace;
- v instalační vaně se po krátkém uvedení objektu do provozu začala objevovat voda - podezření je na spodní průsak (nevhodně provedena hydroizolace spodní stavby), není vyloučeno prasknutí potrubí nebo poškození některé z armatur). Při projektové dokumentaci nesmíme zapomínat na celkový místní hydrogeologický průzkum a podmínky, je třeba se jimi řídit;



*Obrázek 13, 14: Pohled do instalační šachty s viditelnými průsaky spodní vody [44]*

- mokrá podlaha ve sprchách klouže – nedobře zvolený druh dlažby, hrozí nebezpečí úrazu!
- použití úsporných hlavice ve sprchách - nedostatečně umytí návštěvníci přicházejí do bazénů a vnášejí tak s sebou nečistoty, které ze sebe nesmylí. Naopak tyto hlavice šetří oprávněně teplou vodou;
- nulový sklon podlahy k odtokové vpusti ve sprchách - voda se samovolně vylévá na chodbičku, kde hrozí na kluzké, špatně zvolené dlažbě uklouznutí, proto bylo nutno dodělat asi 10cm vysoký předěl;



Obrázek 15: Pohled do sprch s úspornými hlavicemi [44]

- pedikérní vanička na mytí nohou je umístěna vysoko - nebezpečí úrazu u mokré kluzké podlahy, výtokový ventil je oproti tomu umístěn zase nízko (nepřirozená poloha těla při mytí nohou);
- v sauně jsou instalovány úsporné sprchové hlavice na ochlazení – v momentě, kdy je třeba se rychle ze sauny ochladit není tento způsob dostatečný, v některých zařízeních chybí ochlazovací bazének. Jsme někdy svědky dodatečně instalovaných džberů a podobných náhražek, kterých se užívalo za dob našich předků;
- venkovní ochlazovací prostor v zimě často namrzá – hrozí zde opět nebezpečí úrazu.

Je nutno upozornit ty, kteří se zabývají tematikou bazénů, aby se ve své budoucí praxi vystříhali podobných fatálních a celkem zbytečných prohřešků, které tak neblaze působí budoucí problémy, jak návštěvníkům, tak i provozovatelům těchto objektů. Další technická doporučení týkající se těchto budov jsou uvedena v [9] a především [34], [37].

## 1.6 Vývoj hospodaření s energiemi a související předpisy

Přibližně od 70. let 20. století se společnost snaží najít způsoby, jak snížit obsah škodlivých skleníkových plynů a emisí, především obsah  $\text{CO}_2$  v ovzduší. Mezi skleníkové plyny patří metan, oxid dusný, hydrogenované fluorovodíky, polyfluorovodíky a fluorid sírový. S rostoucí koncentrací těchto plynů se snižuje vrstva ozónu chránící Zemi před nadměrným přehříváním a nepříznivým slunečním UV zářením. Celkové klima se tak i nadále otepluje a dochází k nenávratným změnám v životního prostředí, které ve svém důsledku mají vliv na pozemský život lidí, rostlin i zvířat. Vědci vyzývají společnost k ekologickému chování k přírodě a jejími zdroji, jenž jsou pro nás nezbytně nutné, aby společnost byla schopna dalšího života i v následujících staletích. Je nutné,



aby lidé změnili přístup a způsob zacházení s energiemi, jejichž klasická výroba (především z fosilních paliv) se zdražuje a v důsledku zatěžuje přírodu. Je nezbytné s ní šetřit, využívat obnovitelné zdroje, nalézat nové principy ekologičtější výroby a investovat do technologií, které zajistí její nižší spotřebu. Tato opatření se týkají nejen spotřeby energie v průmyslu, ale i v domácnostech, které se podílejí cca. 40% spotřebou veškeré energie. Je však nutno si uvědomit, že za stále rostoucí potřebou energie stojí člověk, potažmo ekonomické ukazatele.

Jako za příkladnou počáteční snahou a první krok můžeme směle označit tzv. Kjótský protokol, jenž si klade za úkol snížení emisí oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů o 5,2 % v letech 2008 – 2012 pod úroveň z roku 1990. Země EU o 8%. Společná snaha průmyslových zemí v čele s EU může do roku 2050 vést k omezení tvorby emisí až o 80 % oproti roku 1990. Kjótský protokol byl podepsán v prosinci 1997, ale vstoupil v platnost teprve loni 16.2.2005 po ratifikaci Ruskem. Podmínkou vstupu v platnost totiž byla ratifikace nejméně 55 zeměmi, které produkují více než 55% celkového množství skleníkových plynů vzniklých v rozvinutých zemích v roce 1990.

Česká republika se ke smlouvě připojila v listopadu 2001 a patří s téměř dvanácti tunami emisí na obyvatele mezi nejhorší znečišťovatele v Evropě a vůbec na světě (zdroj: OSN, 1996). V České republice je energetický průmysl odpovědný za 42 % emisí CO<sub>2</sub>. Spotřeba primárních energetických zdrojů na jednotku hrubého domácího produktu je v ČR 2,3-krát vyšší než hodnota zemí původní EU [20].

Česká republika snížila emise do roku 2008 přibližně o 24% vůči roku 1990. Konference v Pozani nepřinesla žádný pokrok, nebyla uzavřena žádná další smlouva omezující produkci skleníkových plynů. Podobný průběh měla i další konference konající se v Kodani v roce 2009. Především velké státy jako Čína a Indie se na závěr postavily proti, protože by omezení v průmyslové činnosti zpomalilo růst těchto ekonomik. Podporu naopak přislíbily USA v čele s novým prezidentem Barackem Obamou.

Evropská unie, (jenž jsme se stali členy v roce 2004) už v roce 2002 připravila směrnici o energetické náročnosti budov č. 2002/91/ES (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD), kterou parlament České republiky přejal v novele zákona o hospodaření energií č. 406/2006 Sb. zákon o hospodaření energií a dále implementoval do prováděcí vyhlášky k tomuto zákonu (vyhláška 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov), která stanovuje minimální požadavky na energetickou náročnost nových budov

a budov stávajících větších než 1000 m<sup>2</sup> celkové podlahové plochy, které jsou předmětem zásadní rekonstrukce. Splněním těchto požadavků o minimální energetické náročnosti se prokazuje tzv. průkazy energetické náročnosti budov. Zpracování průkazů energetické náročnosti budov je platné od 1. ledna 2009. Budovy splňující požadavek na minimální energetickou náročnosti jsou klasifikovány třídou „C” a nižšími, tedy třídami „A” a „B”. Nová revize směrnice [33] z roku 2010 s označením 2010/31/ES o energetické náročnosti budov dále zpřísňuje a stanovuje nové závazky ve využívání energií, zvýšení energetické účinnosti v Unii, většímu podílu využití obnovitelných zdrojů energie a k rychlému provádění priorit stanovených ve sdělení Komise zvaném „Akční plán pro energetickou účinnost: využití možností” [33].

Hlavních z požadavků je u nových budov větších než 1000 m<sup>2</sup> celkové podlahové plochy zhodnotit možnost použití alternativních systémů vytápění, kterými jsou rozuměny hlavně decentralizované systémy dodávky energie založené na energii z obnovitelných zdrojů energie (OZE), kombinované výrobě elektřiny a tepla, dálkového nebo blokového ústředního vytápění, v případě potřeby i chlazení a použití tepelných čerpadel. Tímto se otevírá příležitost pro využití hlavně obnovitelných zdrojů energie. Při celkovém hodnocení energetické náročnosti posuzovaného objektu se takto dodaná energie z OZE odečítá od celkové dodané energie do budovy, a tím snižuje celkovou energetickou náročnost budovy [35].

Vyhláška č. 148/2007 Sb. udává postup výpočtu energetické náročnosti budovy. Jde o roční potřebu energie v GJ na vytápění, větrání, chlazení, klimatizaci, přípravu teplé vody a osvětlení při jejím standardizovaném užívání bilančním hodnocením.

Legislativními prostředky pro kontrolu snížení energetické náročnosti budov jsou:

- průkaz energetické náročnosti vycházející z [35];
- kontroly kotlů a klimatizačních zařízení vycházející z [32], [33].

Průkaz energetické náročnosti budov je dokument, jenž hodnotí:

- roční dodanou energii do budovy v GJ;
- průkaz energetické náročnosti budovy vyjadřuje celkovou roční dodanou energii do řešeného objektu.

Výše uvedený výčet historie a soudobých požadavků na šetrné hospodaření s energiemi samozřejmě vede k tomu, že i velká bazénová zařízení jsou objekty, které jsou enormně náročné na spotřebu energií všeho druhu. Proto jsem si tento druh objektů vybral. A to konkrétně bazénové haly, které jsou nejvíce energeticky zatíženy.

## **2. Cíle disertační práce**

Jako na jiné objekty je také u bazénových hal kladen důraz na jejich energetickou a ekonomickou stránku provozu, které spolu velmi úzce souvisí. To vše za dodržení, či zlepšení komfortu pro uživatele i provozovatele objektů. Mnoho těchto objektů, jenž byly vystavěny v minulých desetiletích, se dnes potýká s velmi závažnou situací, která panuje v energetické oblasti nejen na našem území, ale i v celosvětovém měřítku. Některé objekty již byly zrekonstruovány (ať již celkově nebo částečně), aby bylo zabráněno plýtvání s energií. V některých případech se to povedlo, v jiných se uskutečnily jen částečné úpravy, které však spotřebu energie redukovaly pouze částečně. Proto je potřeba tyto objekty sanovat tak, aby byly co nejméně energeticky náročné a je nutno uvažovat o takové koncepci sanace, jejíž výhled by měl být alespoň několik desítek let dopředu.

Tato disertační práce řeší následující cíle:

1. Zmapování a analýza současných tepelně technických stavů a technologických zařízení podílejících se na vytápění, větrání a ohřevu bazénové vody na vybraných bazénových objektech (halách).
2. Vyhodnocení současných stavů bazénových hal z hlediska energetického a následný návrh opatření vedoucí ke snížení potřeby energie na vytápění, větrání a ohřev bazénové vody.
3. Posouzení a vyhodnocení jednotlivých návrhů ve vzájemných souvislostech, včetně porovnání s původním stavem řešených objektů, s návazností na snížení energetické náročnosti hal.

I když se od 1.1.2009 energetická náročnost objektů hodnotí závazně dle Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES o energetické náročnosti budov, jenž je implementována v legislativě České republiky jako vyhláška č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov, bude práce hodnotit pouze energetickou náročnost samotných bazénových hal a technologických zařízení jenž slouží k vytápění, větrání a ohřevu bazénové vody těchto hal.

V návaznosti na výsledky předkládané disertační práce bude následovat rozvíjení této řešené problematiky z hlediska tepelně technického a s tím úzce souvisejících opatření na straně technologické ve směru vytápění, větrání a přípravy teplé vody. Jelikož se tepelně technické požadavky budou nadále zpřísnovat, je zde reálný předpoklad, že bude v budoucnu potřeba řešit problematiku, jak vhodně energeticky naložit

s přebytečnými tepelnými zisky (vesměš z vodní plochy), které budou vznikat i v zimním období.

Výsledky této práce bude možno použít jako doporučení vztahující se na podobné bazénové objekty v návaznosti na jejich budoucí sanaci za účelem snížení energetické náročnosti v návaznosti optimalizace vytápěcí a větrací technologie, a ohřevu nejen bazénové vody. Dále s těmito úpravami bude možno posoudit i snížení finanční náročnosti provozu bazénových objektů, což povede k možnosti efektivního rozhodování při uvažovaných budoucích sanacích.

### **3. Metody řešení disertační práce**

#### **3.1 Volba objektů**

Předkládána disertační práce řeší možnosti snížení energetické náročnosti bazénových hal vybraných krytých bazénových objektů, které se nachází na území ostravsko-karvinského regionu. Objekty byly vybrány po pečlivém uvážení vzhledem ke svým parametrům. Bylo přihlédnuto k těmto kritériím:

- rok výstavby objektů;
- plocha volné hladiny (délka všech plaveckých bazénů je 25m);
- způsob využití vodní plochy;
- stavební stav objektů;
- způsob zásobování tepelné energie objektů;
- kilometrická vzdálenost;
- přístupnost informací od provozovatelů objektů.

Těmto kritériím vyhověly tři kryté plavecké bazény: Ostrava-Vítek nacházející se v Ostravě-Hrabůvce, krytý plavecký bazén v Havířově a Orlové.

K dosažení uvedených cílů bylo nejdříve nutno zpracovat informace poskytnuté provozovateli těchto objektů. Skreslení výkresové dokumentace, dle současného stavebního stavu a zpracování dat v oblasti spotřeby tepelné energie dodávané do objektů. Protože provozovatelé měří reálnou spotřebu tepla pouze pro objekt jako celek, nebylo tedy možné z údajů jakkoli vyextrahovat potřebu tepla pro samotnou bazénovou halu, či samotné vytápění nebo ohřev bazénové vody, která je vesměš součástí přípravy teplé vody jako celku pro objekt.

### 3.2 Postup řešení disertační práce

- a) Objekty byly zkoumány nejdříve za účelem zjištění tepelně technických vlastností z hlediska jednotlivých součinitelů prostupů tepla konstrukcí  $U$  [ $W/(m^2.K)$ ] dle platné normy ČSN 73 0540-2. K tomuto účelu byl použit výpočtový program Teplo 2009, viz. přílohy 2, 3, 4.
- b) Pro konkrétní stanovení tepelné ztráty jednotlivých bazénových hal byl dále na základě bodu a) vypočten tepelný výkon výpočtovým programem Ztráty 2009, viz. přílohy 5, 6, 7.
- c) Dále byla přijatá opatření vedoucí ke zlepšení tepelně technických vlastností jednotlivých posuzovaných obalových konstrukcí řešených bazénových hal dle [19]. Nový návrh byl opět vyhodnocen výpočtovým programem Teplo 2009 tak, aby vyhověl. Vzhledem ke složitým místním podmínkám ovšem nebylo možné některé požadavky splnit z hlediska [19], viz. přílohy 2, 3, 4 a Tabulka 2. Požadavky na kondenzaci vodní páry v konstrukci ale byly dodrženy vždy.
- d) Tento nový návrh opět vyústil v posouzení jednotlivých bazénových hal na tepelný výkon výpočtovým programem Ztráty 2009, viz. přílohy 5, 6, 7.
- e) Pro původní i navržený stav jednotlivých bazénových objektů byla vypočtena celková tepelná zátěž výpočtovým programem QPRO –Tepelné zisky 3.01, viz. přílohy 11, 12, 13, 14, 15, 16.
- f) Celková tepelná bilance byla stanovena za základě bodu e), viz. kap. 7.12 a tabulka 5.
- g) Výpočet návrhů větrání a případného teplovzdušného vytápění byl zpracován dle [1] a přílohy 18 (znázornění úprav přívodu vzduchu v h-x diagramech). Zde je nutno rozlišit jednotlivé varianty návrhu, a to pro původní a navržený stav bazénové haly a dále pro letní a zimní období. Celkem tedy šest variant, viz. tabulka 6 a příloha 17.
- h) Pro energetickou náročnost ohřevu bazénové vody bylo použito [6], [31] s ohledem na navrženou variantu s využitím solárních kolektorů jako obnovitelného zdroje energie, viz. přílohy 8, 9, 10.
- i) Dle předchozích propočtů bylo možno jednotlivé kategorie separovat a stanovit tak jejich konkrétní a přesnější potřebu energie.
- j) Aby bylo možno stanovit energetickou náročnost jednotlivých bazénových hal jako jedné zóny, byl použit program Energie 2009. Výstupy byly poté porovnány s jednotlivými předchozími propočty viz. bod a) – h).
- k) Toto bylo dále porovnáno s údaji poskytnutými provozovateli, viz. tabulka 11.
- l) Vyhodnocení finančních úspor dle řešených návrhů, viz. tabulka 10.

Cílem bylo reálné zjištění podílu potřeby energie k pokrytí provozu samotné bazénové haly v návaznosti na změnu tepelně technických vlastností a s tím související optimalizaci technologického zařízení zajišťujícího požadovaný komfort v oblasti vytápění, větrání a ohřevu bazénové vody. Následné modelování nejen vnitřního mikroklimatu bylo provedeno simulačním programovým systémem CASAnova, který následně prokázal chování vybraného objektu v průběhu roku, což odpovídá situaci a problémům uvedených správcem bazénového zařízení.

## **4. Popis vybraných objektů**

### **4.1 Krytý bazén Ostrava-Vítek**

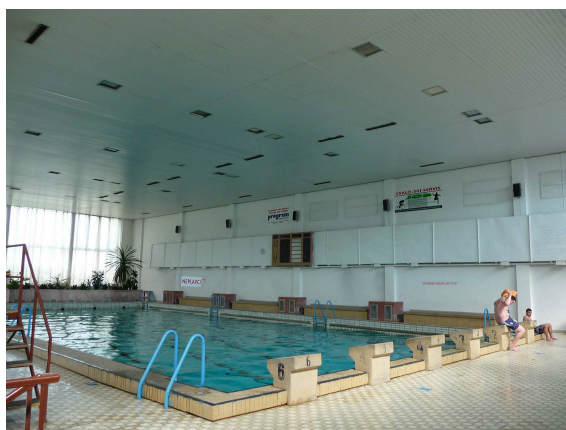
Krytý bazén Ostrava-Vítek se nachází v městské části Ostravy zvané Hrabůvka. Je situován do středoškolského komplexu Vítkovická střední, kde tvoří jeho nedílnou součást. Objekt je chráněn proti povětrnostním vlivům. Jedná o nárožní objekt, ale jeho tři obvodové stěny jsou součástí uvedeného komplexu. Tvoří je zázemí se šatnami, vstupní vestibul s hygienickým zařízením a tělocvična. Teplotní oblast odpovídá zóně 2, tedy  $-15^{\circ}\text{C}$ , nadmořská výška je přibližně 217 m n.m. [20].

#### **4.1.1 Stavební část**

Bazénový objekt byl postaven v roce 1969 skeletovým systémem s rozpětím železobetonových sloupů po 6m. Obvodovou konstrukci dle původní projektové dokumentace tvoří vesměs ŽB panely a CP1 300mm, podobně je tomu i vnitřními dělicími konstrukcemi, stěna od šaten a sprch je z ŽB tl. 100mm, stěna od tělocvičny je z CP1 300mm. V podzemním podlaží se nachází zázemí pro technologickou a strojní část bazénu, sauna, šatny a ochlazovací bazén. Okenní výplně na západní straně tvoří původní zdvojené sklo v ocelovém rámu, který se již rozpadá (hrozí vypadnutí tabulí). Ostatní výplně po obvodu bazénové haly jsou ze skleněných tvárnic. Střešní konstrukce je tvořena příhradovými nosíky se světlíkem, který je zabetonován. Střešní plášť je vytvořen z ŽB perforovaných panelů a pěnového skla. V pozdějších letech byl zde instalován podhled v úrovni osvětlení, náplň má však pouze vizuální.



Obrázek 16: Pohled na průčelí řešeného objektu krytého bazénu Ostrava-Vítek [44]



Obrázek 17: Interiér bazénové haly Ostrava-Vítek [44]

#### 4.1.2 Popis technologie

Objekt bazénu je napojen přes předávací stanici centrálního zásobování teplem (dále CZT) společností Dalkia Česká republika, a.s. samostatnou větví. Jedná se o horkovodní zásobování s teplotním spádem 160/60 °C. Tyto hodnoty řídí dodavatel energie dle aktuálních klimatických podmínek. Výměňkové stanice, rozdělovače a sběrače v podzemním podlaží pro ohřev bazénové vody a pro vytápění jednotlivými druhy byly před pěti lety rekonstruovány.

Je zde umístěno pět okruhů:

- Vytápění bazénové haly VZT zařízením
- Podlahové vytápění
- Vytápění registry
- Ohřev bazénové vody
- Příprava TV

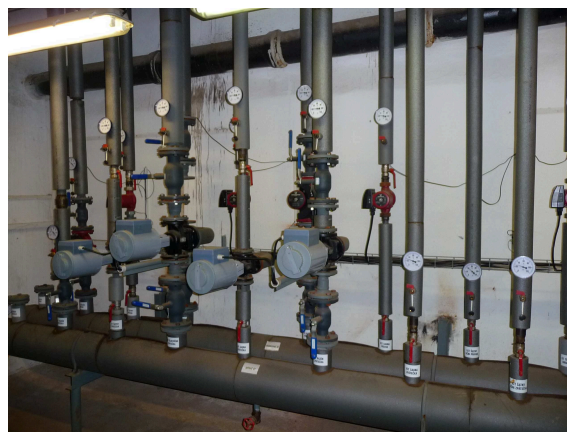
Pro ohřev bazénové vody jsou instalovány dva deskové výměníky s možností obtoku. Jsou umístěny na potrubí upravené vody. Teplota bazénové vody se pohybuje v rozmezí od 22 – 28 °C dle požadavků (plavecké závody, školní výcvik), regulace je řízena automaticky. Vytápění bazénové haly je zajištěno podlahovým vytápěním s teplotním spádem 45/35 °C, otopnými registry s teplotním spádem 90/70 °C, bez TRV. Teplovzdušné vytápění je kombinováno s uvedenými formami, teplota přírodního teplého vzduchu se pohybuje ~35 °C. Ohřívače VZT jsou řízeny impulsem dosažení (poklesem) požadované teploty z bazénové haly. Objekt je značně energeticky náročný. K napouštění bazénu je použito vody z městského řadu, voda celého bazénu

je recirkulována v intervalu 5 hodin. Regulace otopné soustavy je nyní již automatická (ekvitermní), regulační technika pro bazénové hospodářství je plně automatická. Teplo je měřeno pouze na přívodním potrubí horkovodu pro celý bazén, viz tabulka 11. V průběhu let se postupně celý technologický provoz opravuje a přestavuje dle finančních možností školy.

Objekt je celkově velmi zchátralý a nutně potřebuje větší investice, aby byl i nadále funkční, jeho celkové konstrukce jsou poplatné době výstavby.



*Obrázek 18: Pohled na výměňkovou stanici vytápění [44]*



*Obrázek 19: Pohled na rekonstruovaný rozdělovač se sběračem [44]*

## 4.2 Krytý bazén Havířov

Objekt krytého bazénu Havířov se nachází ve stejnojmenném městě, je z roku 1968. Je do městské zástavby mezi činžovní domy. Objekt je chráněn proti povětrnostním vlivům okolní zástavbou a přilehlým parkem, je umístěn do mírného svahu. Stavba je tvořena dvěma zónami, z níž je jedna tělocvična a druhá řešený bazén se zázemím. V podzemní části je situována technologie pro bazén a vytápění objektu, pod samotnou tělocvičnou je umístěna výměňková stanice CZT. Teplotní oblast odpovídá zóně 2, tedy - 15 °C, nadmořská výška je přibližně 235 m n.m. [20].

### 4.2.1 Stavební část

Nosnými konstrukcemi objektu jsou železobetonové sloupy v rozpětí 6 m. Obvodový plášť tvoří transparentní prosklená stěna z ocelovými profily, zde jsou nosné sloupy ocelové a vylité betonem. Zdvojené prosklení je původní a ocelový rám již značně zkorodován (hrozí vypadnutí tabulí). Vnitřní dělicí stěna od tělocvičny je dvojitá



z CP1 200mm (z obou stran) s mírně otevřenou vzduchovou mezerou (je zde snaha o utěsnění), která je součástí dilatační spáry. Stěna od zázemí je postavena z CD32 tl. 140mm, v místech 2.NP (nad stanovištěm plavčíka) je z plynosilikátových tvárnic tl. 300mm. Střešní konstrukci tvoří ocelové nosníky, na jejím spodním líci je zavěšen dřevěný obklad s akustickou a vizuální funkcí. Na tomto podhledu je položena původní tepelná izolace, která již pravděpodobně neplní svou funkci. Osvětlením je součástí podhledu. Střešní plášť je tvořen ŽB deskami s tepelnou izolací z polystyrenu o tl. 65mm.



Obrázek 20: Pohled na průčelí řešeného objektu krytého bazénu v Havířově [44]



Obrázek 21: Interiér bazénové haly v Havířově [44]

#### 4.2.2 Popis technologie

Celý sportovní komplex je napojen přes předávací stanici CZT, dodavatelem tepla je Dalkia Česká republika, a.s. Jedná se o horkovodní zásobování s teplotním spádem 150/60 °C. Tyto hodnoty řídí dodavatel energie dle aktuálních klimatických podmínek. Toto teplo je dále transformováno na sekundární teplo pro teplovodní vytápění, přípravu teplé vody, VZT a ohřev bazénové vody. Výměňíkové stanice, v suterénu pro ohřev bazénové vody, podlahového vytápění a vzduchotechniky byly rekonstruovány v roce 2009. Je zde umístěno pět okruhů:

- Vytápění budovy VZT zařízením
- Podlahové vytápění
- Vytápění otopnými tělesy
- Ohřev bazénové vody
- Příprava TV

Stav a technologie je obdobná jako u objektu Ostrava-Vítek. Pro ohřev bazénové vody jsou instalovány dva stavebnicové výměníky SVT s možností obtoku, jsou umístěny

na potrubí upravené vody. Teplota bazénové vody je udržována přibližně na 27 °C. regulována je automaticky. Vytápění bazénové haly je zajištěno opět podlahovým vytápěním s teplotním spádem 50/40 °C, které bylo v roce 1993 rekonstruováno. Dále původními otopnými registry a otopnými tělesy Kalor s teplotním spádem 90/70 °C, jsou bez TRV, a teplovzdušným vytápěním (teplota přiváděného vzduchu je ~40 °C), toto funguje až do teploty  $\theta_i = 28\text{ °C}$ , vzduchotechnika (Janka Radotín) disponuje cirkulací a ZZT. Teplý vzduch pro bazén je ohříván ve dvojici lamelových ohříváků, obr. 23. Regulační ventil na přívodu topné vody je řízen pomocí impulsu teploty z bazénové haly. V objektu jsou dva teplovodní topné okruhy: pro tělocvičnu a pro bazén. Objekt je také značně energeticky náročný, a to především kvůli prosklenému obvodovému plášti. K napouštění bazénu je použito vody z městského řádu. Regulace otopné soustavy je plně automatická (ekvitermní, dle zvolených otopných křivek), regulační technika pro bazénové hospodářství je automatická. V roce 2009 byly též rekonstruovány dva radiální ventilátory zajišťující větrání bazénu (max. 6 -/hod). Měřena je pouze celková spotřeba tepla na přívodním potrubí horkovodu, viz. tabulka 11.

V průběhu let se postupně celý technologický provoz opravuje a přestavuje dle finančních možností Střední školy řemesel a služeb Havířov. Objekt je celkově také částečně zchátralý a nutně potřebuje větší investice, aby si udržel potřebný standard, jeho konstrukce jsou poplatné době výstavby.



*Obrázek 22: Příprava doplňovací vody pro bazén [44]*



*Obrázek 23: Lamelový ohřívák vzduchu [44]*

### 4.3 Krytý bazén Orlová

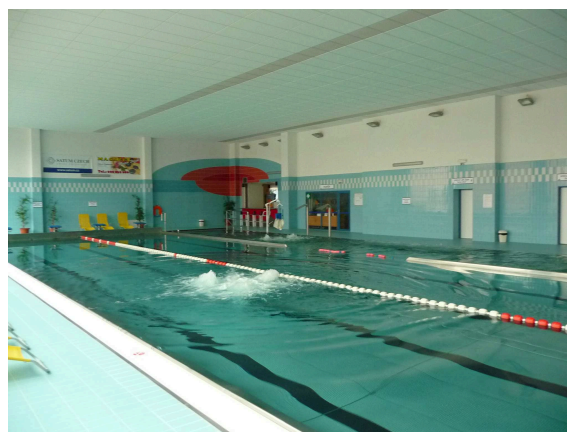
Krytý bazén Orlová je postaven v městské zástavbě v centru hornického města Orlová. Je součástí komplexu správních budov zahrnujících finanční úřad, městský úřad a krytý bazén, ten je umístěn na okraji celého komplexu. Je však chráněn okolní zástavbou a přilehlým lesíkem, je situován do mírného svahu. V suterénu krytého bazénu je opět situována strojní a technologická část včetně předávací stanice PS 24, jejímž provozovatelem je ČEZ, a.s., EDĚ Dětmarovice. Teplotní oblast odpovídá zóně 2, tedy  $-15^{\circ}\text{C}$ , nadmořská výška je přibližně 230 m n.m. [20]. Celý komplex byl postaven v roce 1973. Objekt krytého bazénu byl v roce 2006 celkově rekonstruován dle tehdy platných norem ČSN 73 0540/2002.

#### 4.3.1 Stavební část

Nosnými konstrukcemi objektu jsou opět železobetonové sloupy v rozpětí 6 m s typizovaným montovaným skeletem, jehož obvodové konstrukce jsou tvořeny struskopemzobetonovými panely tl. 300mm s kontaktním zateplovacím systémem Baunit s tl. Polystyrenu Baunit Open 200mm. Okna v bazénové hale byla zmenšena cca na poloviční velikost a osazena okny se součinitelem prostupu tepla  $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ . Zbytek obvodového pláště byl dozděn tvárnici Porothersm 30P tl. 300mm. Střešní konstrukce je tvořena železobetonovými panely tl. 120mm a extrudovaným polystyrenem tl 280mm. Podhled v bazénové hale je trvale provětráván a v případě zvýšené vlhkosti je provětrávání automaticky zintenzivněno.



Obrázek 24: Pohled na průčelí řešeného objektu krytého bazénu Orlová [44]



Obrázek 25: Interiér bazénové haly v Orlově [44]

#### **4.3.2 Popis technologie**

Komplex budov je napojen opět na předávací stanici CZT PS 24 umístěnou v suterénu objektu. Tato předávací stanice zásobuje teplem krytý bazén a vedlejší finanční úřad. Horkovod má navržený teplotní spád 140/60 °C. Tyto hodnoty řídí dodavatel energie dle aktuálních klimatických podmínek. Toto teplo je dále transformováno na sekundární teplo pro teplovodní vytápění, přípravu teplé vody, VZT, ohřev bazénové vody, přípravu teplé vody. Předávací stanice, v suterénu je určena pro ohřev bazénové vody, podlahového vytápění a vzduchotechniky. Byla rekonstruována zároveň se sanací krytého bazénu. Je zde umístěno pět okruhů:

- Vytápění budovy VZT zařízením
- Podlahové vytápění
- Vytápění otopnými tělesy (mimo bazénovou halu)
- Ohřev bazénové vody
- Příprava TV

Předávací stanice upravuje sekundární topnou vodu na teplotní spád 92/67 °C v zimním období a 70/40 °C v období letním. Teplovodní vytápění je konstruováno na teplotní spád 70/50 °C a podlahové vytápění na teplotní spád 50/40 °C. Oba typy vytápění jsou ekvitermní regulovány. Obvod s radiátorovými tělesy (umístěn v prostorách mimo halu) je řešen jako doplňkový v případě nepokrytí tepelného výkonu podlahovým vytápěním a vzduchotechnikou. Rozvod pro vzduchotechniku je řešen samostatně. Větrání a teplovzdušné vytápění zajišťují dvě jednotky Menegra 37.19.01 a 55.19.01. Tyto jsou vybaveny funkcí cirkulace oběhového vzduchu a zpětným získáváním tepla cca 70%. Teplota přírodního vzduchu je optimalizována na cca 30 °C. Ohřev bazénové vody, vody v dojezdovém bazénku a whirlpool (umístěn mimo bazénovou halu) je řešen samostatnými větvemi. Pro ohřev bazénové vody slouží dvojice nerezových deskových výměníků na potrubí s upravenou bazénovou vodou. Přídavným zařízením je instalovaná kogenerační jednotka Tedom Premi F25 AP, jejíž prioritou je výroba elektrické energie. Jako sekundárním posláním je doplňkový zdroj z odpadního tepla v rozsahu 20 – 40 kW pro zásobování teplovodních systémů ústředního vytápění, ohřevu teplé vody, ohřevu bazénové vody a vzduchotechniky. Je osazena v prostoru předávací stanice. Přírodní potrubí z kogenerace je zaústěno do vratného sekundárního potrubí otopné vody před vstupem do horkovodní předávací stanice. Na straně chladného okruhu slouží jednotka jako předeřev vratné topné vody ze systému zásobování teplem. Její kladnou funkci občas doprovázejí výpadky, a tak je tento komponent soustavy stále doladován.



Celkové dodané teplo je měřeno na vratném potrubí z předávací stanice. Dále jsou samostatné měřiče tepla osazeny na větvích pro finanční úřad, rehabilitaci, podlahové vytápění, VZT pro bazén, ohřev bazénové vody a přípravu teplé vody. Všechna regulace je řízena plně automatickým systémem MaR z centrálního dispečinku.

Objekt je po celkové rekonstrukci a na občasné drobné problémy nevykazuje známky závažných poruch, které by měly extrémní vliv jak na chod technického zařízení, tak na tepelně technické vlastnosti krytého bazénu.



Obrázek 26: Kogenerační jednotka [44]



Obrázek 27: Pohled na výměník tepla [44]

#### 4.4 Souhrnné údaje

Popis jednotlivých objektů je uveden výše. Je však nutno ještě upozornit na indifferenci užívání jednotlivých bazénových zařízení. Ty, které měly zásadní vliv na energetický výpočet jsou uvedeny v tabulce 1. Vodní plocha je rozdílná u objektů je rozdílná, Ostrava-Vítek a Havířov mají bazénovou vanu železobetonovou s kachlovým obkladem. U krytého bazénu Orlová, který prošel celkovou rekonstrukcí, je použita již vana celonerezová. Pouze bazén Ostrava-Vítek splňuje rozměrové předpisy dané sportovním svazem.

Dle ČSN 730540-2/2007 je návrhová teplota vnitřní teplota pro bazénové haly pro dospělé stanovena na 28 °C. Reálné hodnoty se u jednotlivých objektů mírně liší. Toto má vliv na celkovou spotřebovanou energii.

Dle [36] je doporučeno, aby teplota vody v bazénu byla cca o 1K nižší než teplota vzduchu v hale. Tento požadavek je takřka splněn. Rozdíl teplot mezi teplotou v bazénové

hale a teplotou vody má enormní vliv na teplo odpařené z vody (vázané teplo) a na nadměrnou produkci vlhkosti, jenž se uvolňuje z vodní hladiny.

Dle [36] je maximální přípustná relativní vlhkost vzduchu v bazénové hale stanovena na 65%. Tento požadavek je splněn. Kapacita bazénů je převzata od provozovatelů jednotlivých zařízení, kteří vychází z hodnot při návrhu zařízení. Objem vzduchu v hale se u krytého bazénu Ostrava-Vítek zmenšil. Vycházel jsem z předpokladu, že při nově navržené rekonstrukci bude snížen podhled bazénové haly a ten bude zároveň tvořit novou stropní konstrukci, viz. kapitola 5.3.1, a příloha 2.

Tabulka 1: Základní údaje řešených objektů

	Krytý bazén Ostrava-Vítek		Krytý bazén Havířov		Krytý bazén Orlová	
	Normové hodnoty	Reálné hodnoty	Normové hodnoty	Reálné hodnoty	Normové hodnoty	Reálné hodnoty
Rok výstavby	1969		1968		1973	
Vodní plocha [m <sup>2</sup> ]	300,0		312,5		298,5	
Teplota vody v bazénu [°C]	27,0	27,0	27,0	28,0	27,0	29,0
Teplota vnitřního vzduchu [°C]	28,0	27,0	28,0	30,0	28,0	30,0
Relativní vlhkost [%]	65,0		65,0		65,0	
Kapacita bazénu [os/rok]	80000		80000		90000	
Objem vzduchu haly před návrhem [m <sup>3</sup> ]	6837		6063		5142	
Objem vzduchu haly po návrhu [m <sup>3</sup> ]	5812		6063		5142	

## 5. Tepelně technické posouzení obalových konstrukcí bazénových hal

### 5.1 Tepelně technické požadavky na návrh bazénových hal dle ČSN 73 0540-2/2007

Pro bazénové haly jsou uvedeny zásady, které je vhodné dodržovat při návrhu nové nebo sanované bazénové haly, aby bylo zabráněno budoucímu vniku poruch vesměs vlivem zvýšené vlhkosti a kondenzace v kritických místech.

- 1) obvodové stěny a střechy navrhovat zvláště pečlivě, s vyloučením vlivu tepelných mostů a s nenasákavými vnitřními povrchy odolávajícími stékání kondenzátu po vnitřním povrchu;
- 2) pro konstrukce stěn bazénových hal, sprch a dalších vlhkých a mokrých provozů nepoužívat silně nasákavé materiály (např. pórobeton);
- 3) velikost prosklených ploch navrhovat uvážlivě, s převahou zasklení na osluněných fasádách, zasklení přitom navrhovat s velmi nízkým součinitelem prostupu tepla;

- 4) vnitřní povrch prosklených konstrukcí ofukovat přiváděným suchým větracím vzduchem ze spojitých podlahových nebo nadokenních vyústek, s dostatečným dosahem proudu vzduchu;
- 5) pokud se k prosklené stěně ofukované přiváděným suchým větracím vzduchem podle d) doplní z vnitřní strany další (jednoduché) zasklení a vytvoří se tak využitelný meziprostor (umístění rostlin apod.), musí se současně řešit čištění a údržba v tomto prostoru (obslužné lávky apod.);
- 6) prosklené obvodové stěny řešit jako odolné proti stékajícímu kondenzátu;
- 7) střešní konstrukce přednostně řešit jako dvouplášťové, v případě potřeby i s nucenou výměnou vzduchu ve větrané vzduchové vrstvě. (Podmínkou je vysoká těsnost spodního pláště.);
- 8) u konstrukcí obálky bazénové haly v místech s rizikem nízkého proudění vzduchu podél jejich povrchů průběžně sledovat vlhkost vzduchu k řízení provozních parametrů úpravy vzduchu v uplatňovaných provozních režimech (plný provoz, noční útlum), popř. úpravy vedení vzduchu podél obálky bazénové haly [19].

## 5.2 Výpočet součinitelů tepla pro bazénové haly

Norma ČSN 73 0540-2/2207 stanovuje výpočet prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce budov, a to pro:

- a) budovy s převažující vnitřní návrhovou teplotou  $\theta_{im} = 20^\circ\text{C}$  a pro všechny návrhové venkovní teploty podle tabulky 3 této normy a pro;
- b) budovy ostatní (včetně bazénových hal) se stanoví ze vztahu:

$$U_N = U_{N,20} \cdot e_1 \cdot (35 / \Delta\theta_{ie}) \quad [\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})] \quad (1)$$

Kde:

$U_{N,20}$   $[\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})]$  součinitel prostupu tepla pro budovy s návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{im} = 20^\circ\text{C}$

$e_1$   $[-]$  součinitel typu budovy, stanoví se ze vztahu:

$$e_1 = 20 / \theta_{im} \quad [-] \quad (2)$$

$\Delta\theta_{ie}$   $[\text{C}]$  základní rozdíl teplot vnitřního a venkovního vzduchu, stanoví se ze vztahu:

$$\Delta\theta_{ie} = \theta_{im} - \theta_{ae} \quad [\text{C}] \quad (3)$$

$\Delta\theta_{ae}$   $[\text{C}]$  návrhová teplota venkovního vzduchu dle [20].

Výpočet součinitelů prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce tvořící obálku bazénové haly byl zpracován výpočtovým programem Teplo 2009, a to pro stav původní

(současný) a stav navržený. Při zpracování bylo přihlédnuto k místním klimatickým a konstrukčním podmínkám, které ovlivňují návrh nových doporučených skladeb konstrukcí, aby byly splněny požadavky uvedené v [19]. Návrhové hodnoty respektovaly [20] byly použity tyto:

- návrhová vnitřní teplota v zimním období  $\theta_i = 28^\circ\text{C}$ ;
- relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $\varphi_i = 85\%$ .

Pro výpočet střešních a některých dalších konstrukcí bylo počítáno s  $\theta_i$  rozdílnou (vyšší) teplotou vzhledem ke stoupání teploty (3 m ~ 1K) dle [19], [12], [5].

Nicméně dle [36] je maximální povolená relativní vlhkost vzduchu stanovena na 65%. Samotný výpočet tedy respektuje přísnější požadavky na konstrukce.

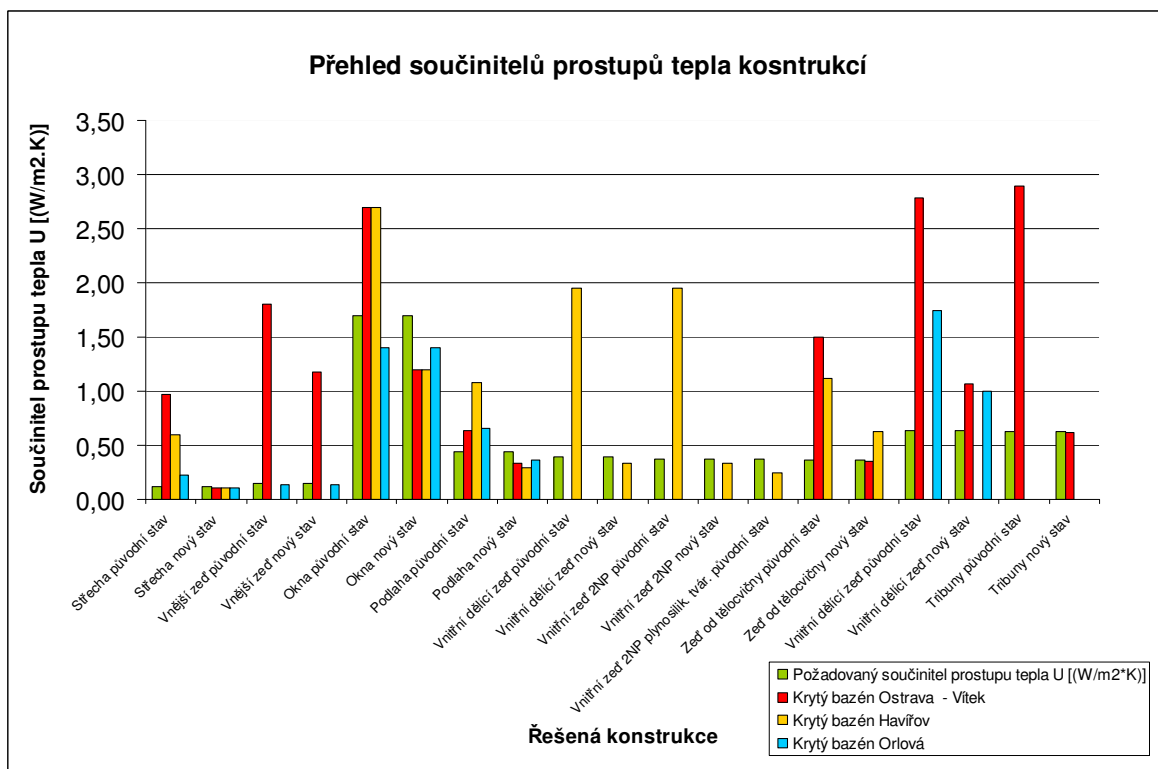
Podrobné výsledky výpočtu jsou uvedeny v přílohách 2, 3, 4. Celkové shrnutí je uvedeno v tabulce 2 a zobrazeno v grafu 1.

Tabulka 2: Přehled součinitelů prostupu tepla obalových stavebních konstrukcí bazénových hal u jednotlivých řešených objektů dle platné ČSN 73 0540-2/2007

Konstrukce	Požadovaná hodnota U [W/(m <sup>2</sup> *K)]	Krytý bazén Ostrava-Vítek [W/(m <sup>2</sup> *K)]	Krytý bazén Havířov [W/(m <sup>2</sup> *K)]	Krytý bazén Orlová [W/(m <sup>2</sup> *K)]
Střecha - původní stav	0,12	0,97	0,60	0,23
Střecha - nový stav	0,12	0,11	0,11	0,11
Vnější zeď - původní stav	0,15	1,80	-	0,14
Vnější zeď - nový stav	0,15	1,18	-	0,14
Okna zdvojená - původní stav	1,70	2,70	2,70	1,20
Okna zdvojená - nový stav	1,70	1,10	1,10	1,20
Podlaha - původní stav	0,44	0,64	1,08	0,66
Podlaha - nový stav	0,44	0,33	0,29	0,36
Vnitřní dělicí zeď - původní stav	0,39	-	1,95	-
Vnitřní dělicí zeď - nový stav	0,39	-	0,33	-
Vnitřní zeď 2NP - původní stav	0,37	-	1,95	-
Vnitřní zeď 2NP - nový stav	0,37	-	0,33	-
Vnitřní zeď 2NP - plynosilikátová tvárnice - původní stav	0,37	-	0,25	-
Zeď od tělocvičny - původní stav	0,36	1,50	1,12	-
Zeď od tělocvičny - nový stav	0,36	0,35	0,63	-
Vnitřní dělicí zeď - původní stav	0,64	2,78	-	1,75
Vnitřní dělicí zeď - nový stav	0,64	1,07	-	1,00
Tribuny - původní stav	0,63	2,89	-	-
Tribuny - nový stav	0,63	0,62	-	-

Poznámka: Červeně vyznačené hodnoty nesplňují požadavky ČSN 73 0540-2/20007.





Graf 1: Přehled součinitelů prostupu tepla obalových stavebních konstrukcí bazénových hal u jednotlivých řešených objektů dle platné ČSN 73 0540-2/2007

### 5.3 Příčiny indifference mezi požadavky ČSN 73 0540-2/2007 a vypočtenými hodnotami součinitelů prostupu tepla, konstrukční změny

Vzhledem k náročným tepelně technickým požadavkům na konstrukce dle [19], klimatickým podmínkám, jenž stanovuje [20] a přihlédnutím ke konstrukčnímu stavu včetně prostorového uspořádání jednotlivých místností v objektech nešlo v některých případech zcela splnit požadavky [19]. Proto bylo při návrhu upřednostněno splnění podmínky týkající se kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce před splněním požadavku na součinitel prostupu tepla. Jednotlivé podrobné výpočty včetně poznámek k daným konstrukcím jsou uvedeny v přílohách 2, 3, 4, včetně názvů „kritických“ konstrukcí jak jsou uvedeny v kapitolách 5.3.1, 5.3.2 a 5.3.3.

#### 5.3.1 Krytý bazén Ostrava-Vítek

U tohoto objektu byl zmenšen objem vzduchu v bazénové hale a to vytvořením střešní konstrukce v úrovni současného podhledu. Podrobná skladba je uvedena v příloze 5, pod názvem „střešní konstrukce – navržený stav“.

*Střešní konstrukce – navržený stav, popis problematiky:*

Spodní část dvouplášťové střechy byla vytvořena zavěšením na stávající vazníkovou konstrukci, jejíž spodní část tvoří dřevěný podhled s mezerami - rošt (impregnovaný proti vzniku plísní), na kterém je skladba navržené střešní konstrukce. Pro případ realizace se doporučuje, aby návrh zatížení na spodní líc vazníkové konstrukce byl posouzen statikem. Požadavky dle [19] byly splněny.

*Obvodová zeď – navržený stav, popis problematiky:*

Vzhledem k tomu, že konstrukce vnější obvodové zdi nevyhovuje současným požadavkům platné normy ČSN 73 0540-2 z hlediska požadovaného součinitele prostupu tepla, bylo rozhodnuto tak, že další přidání tepelné izolace by bylo velmi nákladné a obtížně proveditelné (nutná instalace druhého kotvícího roštu). Výpočet byl tedy proveden pro izolaci maximální tloušťky 200mm. Požadavky dle [19] nebyly splněny.

*Zeď od tělocvičny – navržený stav, popis problematiky:*

Ze strany tělocvičny bude na minerálních vláknech instalován dřevěný obklad (impregnován proti vzniku plísní), jenž nebude po celé ploše celistvý (tvar roštu) a bude tak umožňovat další provětrávání vrstvy minerálních vláken, která byla navržena. Tento dřevěný obklad bude dále sloužit jako ochrana samotné konstrukce v tělocvičně před nárazy od míčů. Požadavky dle [19] byly splněny i vzhledem k vysoké relativní vlhkosti na straně bazénové haly ( $\varphi_i = 85\%$ ) a tělocvičny ( $\varphi_i = 70\%$ ) dle [20].

*Zeď od zázemí – navržený stav, popis problematiky:*

Konstrukce vnitřní dělicí stěny, mezi bazénovou halou ( $\varphi_i = 85\%$ ) a šatnami spojené se sprchami ( $\varphi_i = 90\%$ ), nevyhovuje požadavkům [73 0540-2]. Přidání tepelné izolace v tomto vlhkém prostředí by v pozdějším období vedlo ke kondenzaci vodní páry v konstrukci. Tyto problémy nastávají také při nejvyšší dovolené relativní normové vlhkosti 85%, a to i bez vrstvy zateplení. Proto bude nutno režimovým opatřením dle vyhlášky č. 135/2004 Sb. tuto vlhkost snížit až na maximální přípustnou hodnotu  $\varphi_i = 65\%$ . Poznámka: avšak při výpočtu již s  $\varphi_i = 80\%$  konstrukce na šíření vlhkosti konstrukcí vyhovuje. Požadavky dle [19] nebyly splněny.

### 5.3.2 Krytý bazén Havířov

Problémy u bazénové haly v Havířově jsou obdobné těm, jenž jsou uvedeny výše.

*Střešní konstrukce – navržený stav, popis problematiky:*

Spodní část dvouplášťové střechy byla vytvořena zavěšením na stávající vazníkovou konstrukci, jejíž spodní část tvoří dřevěný podhled - rošt (impregnovaný proti vzniku plísní), na kterém je skladba konstrukce provedena. Pro případ realizace se doporučuje, aby návrh zatížení na spodní líc vazníkové konstrukce byl posouzen statikem. Požadavky dle [19] byly splněny.

*Zed' od tělocvičny – navržený stav, popis problematiky:*

Jedná se o dvojici sousedících stěn se vzduchovou mezerou, která je navržena jako uzavřená. Součinitel prostupu tepla konstrukce (zed' bazénové haly) nevyhoví dle [19], avšak jej nelze zcela dosáhnout. Lze ji pouze snížit, a to tepelně-izolační omítkou, neboť obě strany konstrukce se nachází ve velmi vlhkém prostředí, bazénová hala  $\varphi_i = 85\%$  a tělocvična  $\varphi_i = 70\%$ , proto je nevhodné použití jakéhokoliv zateplovacího systému. Výpočet byl proveden pro relativní vlhkost vzduchu v bazénové hale  $\varphi_i = 70\%$ , z hlediska kondenzace páry v konstrukci návrh vyhovuje.

Dle vyhlášky č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch je dle § 24 nutno dodržet mikroklimatické podmínky uvedeny v příloze č. 8, kde relativní vlhkost vzduchu v halách bazénů je stanovena na 65%. Následnou úpravu vlhkosti lze provést režimovými opatřeními v oblasti vzduchotechnického zařízení (tak je i počítáno, viz. přílohy 17, 18). Požadavek na požadovaný součinitel prostupu tepla konstrukcí dle [19] nebyl splněn.

### 5.3.3 Krytý bazén Orlová

Objekt byl v roce 2006 zcela rekonstruován.

*Vnitřní dělicí zed' – navržený stav, popis problematiky:*

Součinitel prostupu tepla konstrukce nevyhoví dle [19], avšak jej nelze zcela zredukovat na požadovanou hodnotu. Lze ji jen snížit, a to tepelně-izolační omítkou, neboť obě strany konstrukce se nachází ve velmi vlhkém prostředí, bazénová hala  $\varphi_i = 85\%$  a sprchy  $\varphi_i = 90\%$ , proto je nevhodné použití zateplovacího systému. Požadavky dle [19] nebyly splněny, je nutno přijmout režimová opatření v systému VZT.

## 6. Výpočet tepelného výkonu

Výpočet tepelného výkonu se řídí normou ČSN EN 12831/2005 Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu.

### 6.1 Celková návrhová tepelná ztráta

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru (i),  $\Phi_i$  se vypočítá z rovnice:

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad [W] \quad (4)$$

Kde:

$\Phi_{T,i}$  [W] návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru prostupem tepla;

$\Phi_{V,i}$  [W] návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru větráním.

### 6.2 Návrhová tepelná ztráta prostupem

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla  $\Phi_{T,i}$  se pro daný vytápěný prostor vypočítá:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (5)$$

Kde:

$H_{T,ie}$  [W/K] je součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) pláštěm budovy;

$H_{T,iue}$  [W/K] součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru (i) do venkovního prostředí (e) nevytápěným prostorem (u);

$H_{T,ig}$  [W/K] součinitel tepelné ztráty prostupem do zeminy z vytápěného prostoru (i) do zeminy (g) v ustáleném stavu;

$H_{T,ij}$  [W/K] součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru (i) do sousedního prostoru (j) vytápěného na výrazně jinou teplotu

$\theta_{int,i}$  [°C] výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i);

$\theta_e$  [°C] výpočtová venkovní teplota.

### 6.3 Návrhová tepelná ztráta větráním

Návrhová tepelná ztráta větráním  $\Phi_{V,i}$  pro vytápěný prostor (i) se vypočítá:

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [W] \quad (6)$$

Kde:

$H_{V,i}$  [W] je součinitel návrhové tepelné ztráty větráním;

$\theta_{int,i}$  [°C] výpočtová vnitřní teplota vytápěného prostoru (i);

$\theta_e$  [°C] výpočtová venkovní teplota.

Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním  $H_{V,i}$  vytápěného prostoru (i) se vypočítá:

$$H_{V,i} = V_i \cdot \rho \cdot c_p \quad [\text{W/K}] \quad (7)$$

Kde:

$V_i$   $[\text{m}^3/\text{s}]$  výměna vzduchu ve vytápěném prostoru (i);

$\rho$   $[\text{kg}/\text{m}^3]$  hustota vzduchu při  $\theta_{\text{int},i}$ ;

$c_p$   $[\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$  měrná tepelná kapacita vzduchu při  $\theta_{\text{int},i}$ .

## 6.4 Nucené větrání

Větrací soustava přivádí vzduch čerstvý, který v zimním období nemá stejné vlastnosti jako vzduch venkovní. A to za předpokladu použití:

- zpětného získávání tepla
- centrálního předeřevu.

V těchto případech je použito teplotního redukčního činitele, jenž zohledňuje rozdíl teplot přiváděného vzduchu a výpočtové venkovní teploty.

Pro stanovení množství přiváděného vzduchu do vytápěné místnosti (i), které je použito rovnice pro výpočet návrhového součinitele ztráty tepla větráním:

$$V_i = V_{\text{inf},i} + V_{\text{su},i} \cdot f_{vi} + V_{\text{mech,inf},i} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (8)$$

Kde:

$V_{\text{inf},i}$   $[\text{m}^3/\text{h}]$  je množství vzduchu infiltrovaného do vytápěné místnosti (i);

$V_{\text{su},i}$   $[\text{m}^3/\text{h}]$  množství vzduchu přiváděného do vytápěné místnosti (i);

$V_{\text{mech,inf},i}$   $[\text{m}^3/\text{h}]$  rozdíl množství vzduchu mezi odváděným a přiváděným do vytápěné místnosti (i);

$$f_{vi} = (\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{su},i}) / (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \quad [-] \quad (9)$$

$\theta_{\text{su},i}$   $[\text{°C}]$  teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru (i).

Při využití zařízení pro zpětné využívání tepla se může  $\theta_{\text{su},i}$  vypočítat z účinnosti zařízení pro zpětné využití tepla.  $\theta_{\text{su},i}$  může být vyšší nebo i nižší než je vnitřní teplota vzduchu. S

## 6.5 Shrnutí výpočtu tepelného výkonu

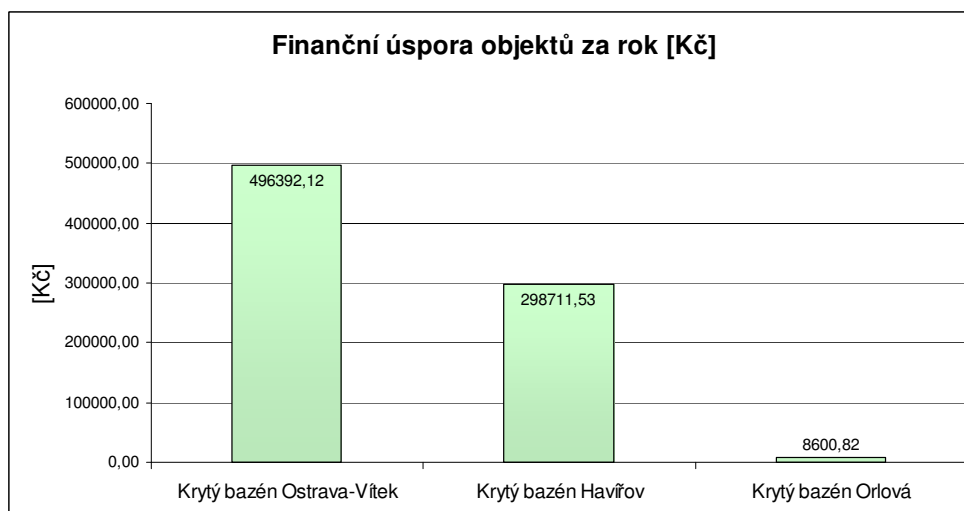
Výpočet tepelného výkonu (tepelné ztráty) pro jednotlivé objekty byl proveden výpočtovým programem Ztráty 2009, a to pro původní (současný) a navržený stav na základě výpočtů jednotlivých součinitelů prostupu tepla konstrukcí uvedených

v přílohách 2, 3, 4. Podrobné výsledky tepelných výkonů (ztrát) pro řešené objekty jsou uvedeny v přílohách 5, 6, 7.

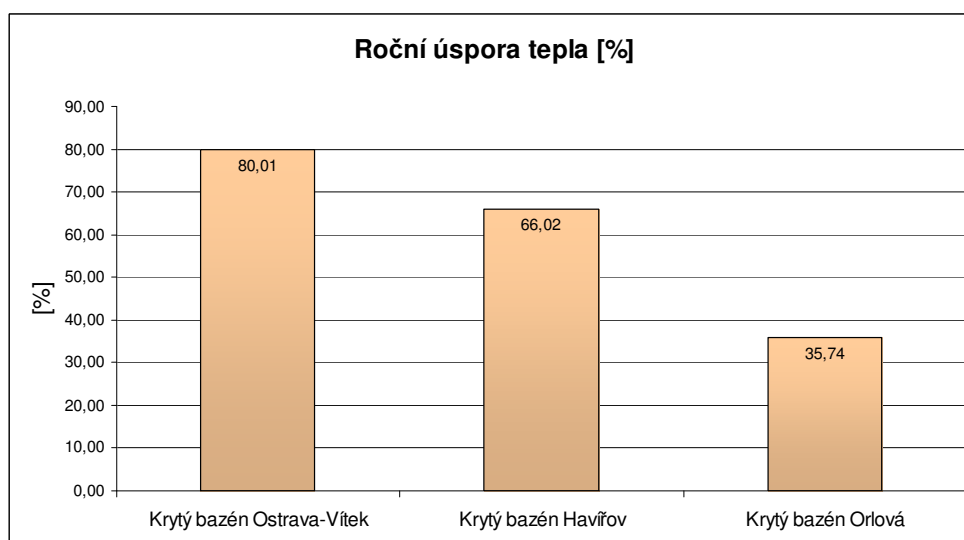
Tabulka 3: Přehled vypočtených tepelných výkonů

Tepelný výkon (ztráta)	Krytý bazén Ostrava-Vítek	Krytý bazén Havířov	Krytý bazén Orlová
Původní stav [kW]	190,60	154,68	107,17
Navržený stav [kW]	77,94	93,51	84,32
Skutečná roční potřeba tepla na vytápění - původní stav [kWh]	438445,80	356298,20	196902,10
Skutečná roční potřeba tepla na vytápění - původní stav [GJ]	1578,40	1282,67	708,85
Cena – původní stav [Kč]	607684,00	452487,50	169287,56
Skutečná roční potřeba tepla na vytápění - navržený stav [kWh]	87632,12	121087,30	126528,90
Skutečná roční potřeba tepla na vytápění - navržený stav [GJ]	315,48	435,91	455,50
Cena – navržený stav [Kč]	111291,88	153775,97	160686,74
<b>Finanční úspora za rok [Kč]</b>	<b>496392,12</b>	<b>298711,53</b>	<b>8600,82</b>
<b>Úspora tepla [%]</b>	<b>80,01</b>	<b>66,02</b>	<b>35,74</b>

Poznámka: přepočtení na GJ byl proveden dle metodiky Cihelka, J. a kol. Vytápění, větrání a klimatizace, SNTL Praha, 1985. Provoz zařízení se uvažuje z cca. 45% denní doby a roční provoz ve všech případech odpovídá cca. 2160 h/rok. Ceny za GJ jsou uvedeny v tabulce 12. Finanční úspora tepla je kalkulována dle ceníku platného pro rok 2010.



Graf 2: Roční finanční úspora energií na vytápění za rok 2010



Graf 3: Roční finanční úspora energií na vytápění za rok 2010

Tabulka 4: Tepelná bilance, průměrný součinitel prostupu tepla aplikovaný na bazénovou halu

	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Havířov	Krytý bazén Orlová
Celková tepelná bilance - letní období - původní stav [kW]	123,16	220,20	84,02
Celková tepelná bilance - letní období - navržený stav [kW]	81,63	102,08	74,02
Celková tepelná bilance - zimní období - původní stav [kW]	-116,83	-80,12	-36,52
Celková tepelná bilance - zimní období - navržený stav [kW]	-4,17	-18,96	-13,67
Průměrný součinitel prostupu tepla - původní stav - normový požadavek $U_{emN}$ [W/(m <sup>2</sup> *K)]	0,61	0,61	0,47
Průměrný součinitel prostupu tepla - navržený stav - normový požadavek $U_{emN}$ [W/(m <sup>2</sup> *K)]	0,55	0,61	0,47
Průměrný součinitel prostupu tepla - vypočtený $U_{em}$ - původní stav [W/(m <sup>2</sup> *K)]	1,98	1,74	0,86
Průměrný součinitel prostupu tepla - vypočtený - navržený stav [W/(m <sup>2</sup> *K)]	0,44	0,71	0,55
<b>Klasifikační třída - původní stav</b>	<b>G</b> (mimořádně ne hospodárná)	<b>F</b> (velmi ne hospodárná)	<b>E</b> (ne hospodárná)
<b>Klasifikační třída - navržený stav</b>	<b>C2</b> (vyhovující požadované úrovni)	<b>D</b> (ne vyhovující)	<b>D</b> (ne vyhovující)

Dle ČSN 730540-2/2007 je možno počítat tzv. Energetický štítek obálky budovy, který stanoví klasifikační třídu celého řešeného objektu a požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla  $U_{emN}$ , kdy  $U_{emN} > U_{em}$  musí být dodrženo.

Pro zajímavost byla tato metoda aplikována pouze na obálku bazénové haly jak v původním, tak navrženém stavu, viz. tabulka výše, aby bylo orientačně zjištěno, zda navržené konstrukce vyhoví uvedené metodě. Tomuto vyhověl pouze objekt (bazénová hala) Ostrava-Vítek.

Zařazení do klasifikačních tříd dle ČSN 73 0540-2/2207 platí pouze pro obálku celé budovy (vytápěný prostor) a nelze ji tedy adekvátně použít pro jednu místnost a tedy ji nelze zcela exaktně zařadit do příslušné kategorie. Toto bylo jen orientační vyhodnocení, aby bylo možné přibližné porovnání mezi jednotlivými bazénovými halami.

## 7. Výpočet tepelné zátěže a celková tepelná bilance objektů

Pro určení tepelného výkonu pro vytápění objektu se užívá metodiky dle normy ČSN EN 12831. Tento tepelný výkon (ztráta) je ovlivněn nejen prostupem tepla konstrukcí a větráním, ale i tepelnými zisky, které se v bazénových zařízeních značnou měrou podílejí na celkovém tepelném chování objektu.

Abychom mohli adekvátně přijmout opatření vedoucí ke snížení energetické náročnosti bazénových hal, je nutno nejprve stanovit tepelnou zátěž (zisky) od vnitřních zdrojů energie a posléze vyhodnotit toto v tzv. tepelné bilanci objektu.

Je vhodné uvést vztahy týkající se výpočtu tepelné zátěže objektu dle ČSN 73 0548/1985 [23]. Nejprve tedy od vnitřních zdrojů tepla.

### 7.1 Tepelné zisky od osob

$$Q_1 = 6,2 \cdot (36 - t_i) \cdot i_1 \quad [W] \quad (10)$$

Kde:

$i_1$	[-]	počet lidí;
$t_i$	[°C]	vnitřní výpočtová teplota dle [20].

S těmito zisky nebylo (na doporučení odborníků) při celkové tepelné bilanci počítáno, protože se jedná o nestálý zdroj tepla, závisí na počtu návštěvníků.



## 7.2 Produkce tepla svítidel

$$Q_{sv} = P \cdot c_1 \cdot c_2 \quad [W] \quad (11)$$

Kde:

P	[W]	celkový příkon svítidel;
c <sub>1</sub>	[-]	součinitel současnosti používání svítidel;
c <sub>2</sub>	[-]	zbytkový součinitel.

S těmito zisky nebylo (na doporučení odborníků) při celkové tepelné bilanci také počítáno, protože se jedná o nahodilý zdroj tepla, který může být započten v zimním období, ale v letním se velmi často neuvažuje.

## 7.3 Tepelné zisky od technologie

$$Q_m = c_1 \cdot \Sigma (c_2 \cdot c_3 (N/\eta_m)) \quad [W] \quad (12)$$

Kde:

c <sub>1</sub>	[-]	součinitel současnosti chodu všech elektromotorů;
c <sub>2</sub>	[-]	zbytkový součinitel při odsávání;
c <sub>3</sub>	[-]	průměrné zatížení strojů;
N	[W]	štítkový výkon elektromotorů;
η <sub>m</sub>	[%]	účinnost elektromotorů.

## 7.4 Tepelné zisky od elektronických zařízení

$$Q_c = c_1 \cdot c_2 \cdot \Sigma P \quad [W] \quad (13)$$

Kde:

P	[W]	příkon elektronických zařízení.
---	-----	---------------------------------

## 7.5 Tepelné zisky od součástí klimatizačního zařízení

$$Q_v = V \cdot \Delta p / \eta_v \cdot \eta_m \quad [W] \quad (14)$$

Kde:

V	[m <sup>3</sup> /s]	průtok vzduchu ventilátorem;
Δp	[Pa]	celkový tlak ventilátorů;
η <sub>v</sub>	[%]	účinnost ventilátorů;
η <sub>m</sub>	[%]	účinnost elektromotorů.

Protože nebylo možno zcela adekvátně určit tepelné zisky od technologie, elektronických a klimatizačních zařízení, bylo upuštěno od jejich zápočtu do celkové tepelné bilance.

## 7.6 Jiné zdroje tepla

Mají-li některé povrchy v místnosti jinou teplotu, než je teplota vzduchu (např. potrubí), počítá se s přestupem tepla:

$$Q = \alpha \cdot S \cdot \Delta t_m \quad [W] \quad (15)$$

Kde:

$\alpha$	[-]	součinitel přestupu tepla konvekcí a sáláním (lze brát při volném proudění kolem povrchu $\alpha = 10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ );
$S$	$[\text{m}^2]$	teplosměnná plocha;
$\Delta t_m$	$[K]$	střední rozdíl teplot mezi povrchem a vzduchem v místnosti.

Sousedí-li klimatizovaná místnost s místností, v níž je jiná teplota, počítá se s tepelnými zisky.

$$Q = k \cdot S (t_{is} - t_{is}) \quad [W] \quad (16)$$

Kde:

$k$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	součinitel prostupu tepla stěny;
$S$	$[\text{m}^2]$	povrch stěny;
$t_{is}$	$[^\circ\text{C}]$	teplota sousední místnosti;
$t_{is}$	$[^\circ\text{C}]$	teplota klimatizované místnosti.

Dále je potřeba určit tepelnou zátěž z vnějšího prostředí. Nejvíce se na tomto podílí prostup tepla oknem (sluneční radiací), které má za následek mnohdy enormní tepelné výkyvy ve vnitřním mikroklimatu, viz. kapitola 7.11.

## 7.7 Prostup tepla konvekcí oknem

$$Q_{ok} = k_o \cdot S_o (t_e - t_i) \quad [W] \quad (17)$$

Kde:

$k_o$	$[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	součinitel prostupu tepla oknem;
$S_o$	$[\text{m}^2]$	plocha okna včetně rámu;
$t_e - t_i$	$[K]$	rozdíl teplot na obou stranách okna.

## 7.8 Prostup tepla oknem sluneční radiací

$$Q_{OR} = [S_{OS} \cdot I_o \cdot c_o + (S_o - S_{OS}) \cdot I_{o \text{ dif}}] \cdot s \quad [W] \quad (18)$$

Kde:

$S_{OS}$	$[\text{m}^2]$	osluněný povrch oken;
$S_o$	$[\text{m}^2]$	povrch oken;
$I_o$	$[\text{W}/\text{m}^2]$	celková intenzita sluneční radiace;

$I_{O\ dif}$	[W/m <sup>2</sup> ]	intenzita difúzní sluneční radiace;
$c_o$	[-]	korekce na čistotu atmosféry;
$s$	[-]	stínící součinitel.

## 7.9 Tepelné zisky infiltrací venkovního vzduchu

$$Q_a = V_a \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot (t_e - t_i) \quad [W] \quad (19)$$

Kde:

$V_a$	[m <sup>3</sup> /s]	přívod čerstvého vzduchu;
$\rho_a$	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota vzduchu;
$c_a$	[J/(kg.K)]	měrná tepelná kapacita vzduchu.

## 7.10 Vodní zisky

Podíl zátěže vázaným teplem je nejvýznamnější. Jedná se o adiabatické odpařování, teplo pro odpařování se odebírá ze vzduchu. Teplota povrchu se pohybuje mezi teplotou mokrého teploměru a teplotou vzduchu, podle intenzity sálání okolních ploch [1]. Bylo počítáno s teplotou vody  $\theta_w = 27^\circ\text{C}$  a vnitřní návrhovou teplotou  $\theta_w = 28^\circ\text{C}$ , aby bylo dosaženo nižší tepelné zátěže z odparu, z hladiny vody. Toto má dále významný vliv na návrh větrání, či případné odvlhčování. Konkrétní výsledky jsou uvedeny v příloze 17.

### 7.10.1 Teplo potřebné k odpaření

$$Q_o = M_w \cdot l \quad [W] \quad (20)$$

Kde:

$M_w$	[g/s]	množství odpařené vody;
$l$	[J/kg]	výparné teplo vody ( $l = 2.500 \text{ kJ/kg}$ ).

### 7.10.2 Odpar z mokrého povrchu nebo hladiny

$$M_w = (7,0 + 5,3w) \cdot S \cdot (x_p - x) \cdot 10^{-3} \quad [\text{kg/s}] \quad (21)$$

Kde:

$w$	[m/s]	střední rychlost proudění vzduchu nad mokrým povrchem;
$S$	[m <sup>2</sup> ]	plocha mokrého povrchu nebo hladiny;
$x_p$	[kg/kg]	měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě povrchu;
$x$	[kg/kg]	měrná vlhkost nasyceného vzduchu nad povrchem.

*Poznámka: Vzhledem ke složitosti procesu je účelné počítat jen se stálým odparem, jehož velikost vyplývá z praktických zkušeností (např. pro kryté bazény  $7 \cdot 10^{-2} \text{ kg}/(\text{m}^2/\text{s})$  v případě vytápěných podlah) [23].*

## 7.11 Vyhodnocení tepelných zisků

Tepelné zisky (potažmo zátěž) byla vyhodnocena pro všechny bazénové haly a to opět pro původní a navržený stav dle nového návrhu konstrukcí, viz. kap. 5.2 a přílohy 11, 12, 13, 14, 15, 16. Toto vyhodnocení bylo provedeno pro letní období, protože sluneční radiace má zde významný podíl na celkové tepelné zátěži. Zatímco v zimním období se tyto zisky sluneční radiací zanedbávají právě kvůli celkově nízké intenzitě slunečního ozáření. Nově navržené konstrukce do značné míry pozitivně ovlivnily stabilitu vnitřního mikroklimatu a dle výpočtu byla tato tepelná zátěž snížena cca o 15 – 120% u vybraných bazénových hal, viz. průběhy grafů 4, 5, 6.

Došlo tak ke stabilizaci vnitřního prostředí a následné možnosti lepší regulace větrání (popř. chlazení) řešených prostor. Tím i snížení potřeby větracího (chladicího) vzduchu, což povede k celkové úspoře na motorech ventilátorů (popř. chladicího výkonu).

Při výpočtu byl použit výpočtový program QPRO – Tepelné zisky, který respektuje [23]. Jako stálé tepelné zisky byly do výpočtu zahrnuty:

- vázané teplo z odparu bazénové vody;
- vzduch sloužící k větrání prostoru bazénové haly (min. 2 x/h dle [34]).

Jak bylo uvedeno, pro navržené stavy byly použity nové vypočtené hodnoty součinitelů prostupu tepla konstrukcí dle kapitoly 5.2. Původní okenní výplně byly u objektů Ostrava-Vítek a Havířov nahrazena výplní novou s  $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . U objektu Orlová byla ponechána původní s  $U = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Původní stavy objektů Ostrava-Vítek a Havířov jsou bez jakýchkoliv stínících prostředků. Objekt Orlová využívá mírně reflexní okenní výplň ( $s = 0,6$  dle [23]) Nové okenní výplně byly dále doplněny stínícími prostředky:

- protisluneční fólií se stínícím součinitelem  $s = 0,49$  (LLumar Silver 50);
- pevnými venkovními žaluziemi (stínící součinitel  $s = 0,13$  dle Tab. 8 [48]),

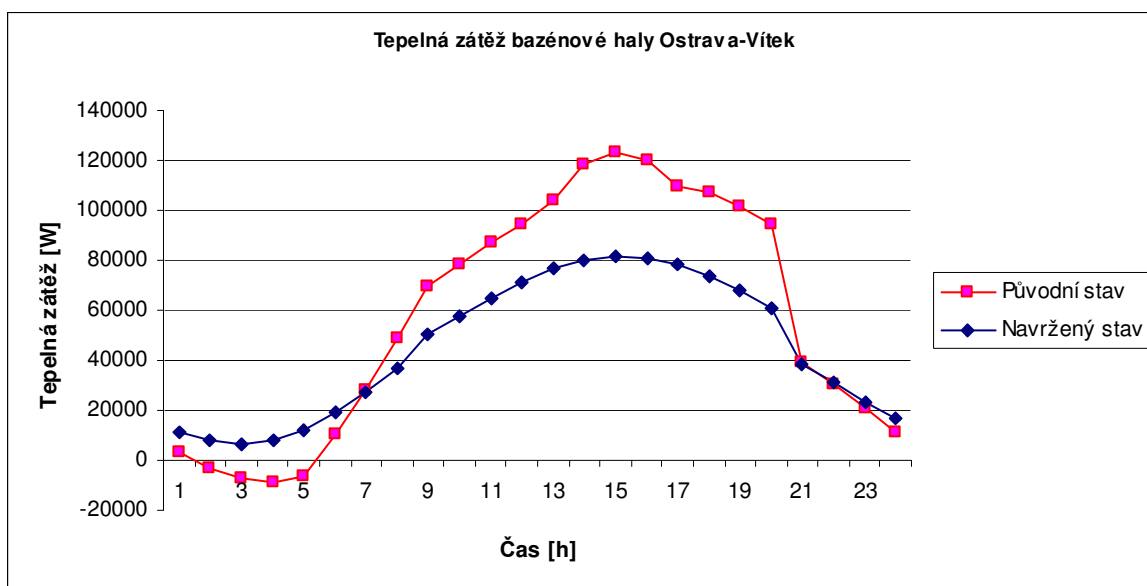
aby byl zlepšen stínící efekt proti přímé sluneční radiaci.

Primárními faktory, které ovlivňují tepelné zisky, potažmo celkovou tepelnou zátěž vnitřního prostoru, zveřejní jsou tyto:

- natočení objektu vůči světovým stranám;
- prosklení objektu vůči světovým stranám;
- velikost prosklení;
- absence vnějších stínících prostředků;
- intenzita větrání vnitřního prostředí venkovním čerstvým vzduchem (bez ochlazení).

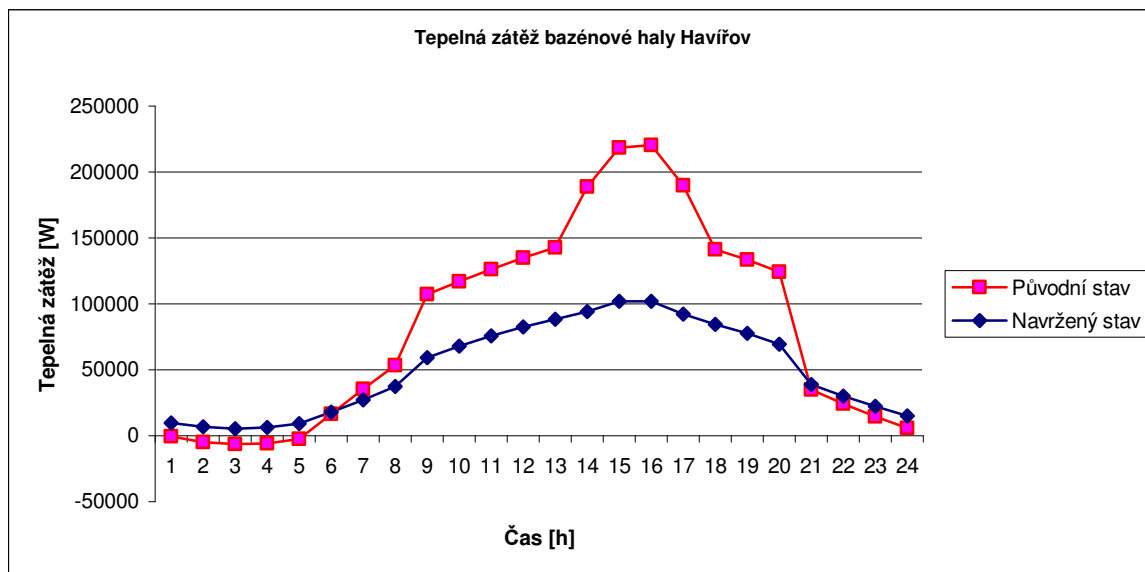
Mezi sekundární faktory, které ovlivňují celkovou tepelnou zátěž můžeme naopak zařadit tyto:

- měrná tepelná kapacita obalových konstrukcí;
- vnitřní tepelné zisky.



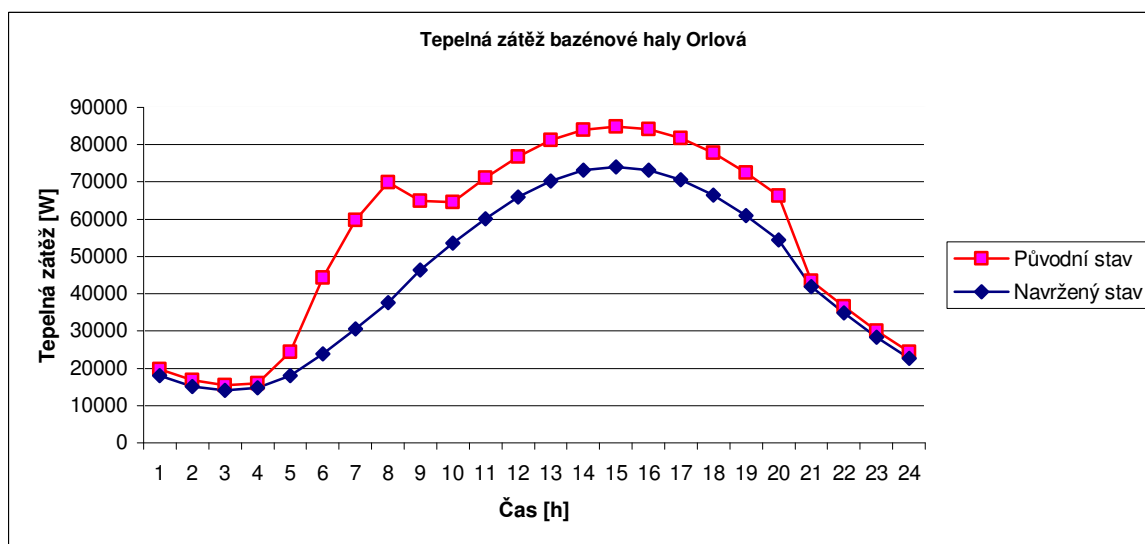
Graf 4: Průběh tepelné zátěže bazénové haly Ostrava-Vítek

*Poznámka: Červená křivka – původní stav: 1. – 5. hodinu ranní dochází k vychlazování bazénové hlavy vlivem přívodu čerstvého vzduchu, následuje strmý vzestup (do 15. hodiny) zapříčiněný růstem venkovní teploty a ozáření okenních výplní, jenž se nacházejí na východní a jižní straně (slunce má největší radiaci). Od 15. hodiny pozvolný sestup, avšak je stále ještě silně ozářena západní strana objektu, kde se nachází největší prosklení bazénové haly. Po 20. hodině slunce zapadá za horizont. Akumulační schopnosti objektu jsou nižší (pokles červené křivky pod nulovou hodnotu). Nejzatíženějším měsícem byl pro původní stav vypočítán srpen, pro navržený stav červenec, viz. příloha 11, 12.*



Graf 5: Průběh tepelné zátěže bazénové haly Havířov

Poznámka: Červená křivka – původní stav: stav je obdobný jako u objektu Ostrava-Vítek. Strmý nárůst křivky mezi 13. a 16. hodinou je zapříčiněn celoprokleným pláštěm, který je orientovaný na západní a severní světovou stranu. Po západu slunce opět dochází k silnému poklesu. Akumulační schopnost objektu jsou nižší. Nejzatíženějším měsícem byl pro původní stav vypočítán srpen, pro navržený stav srpen, viz. příloha 13, 14.

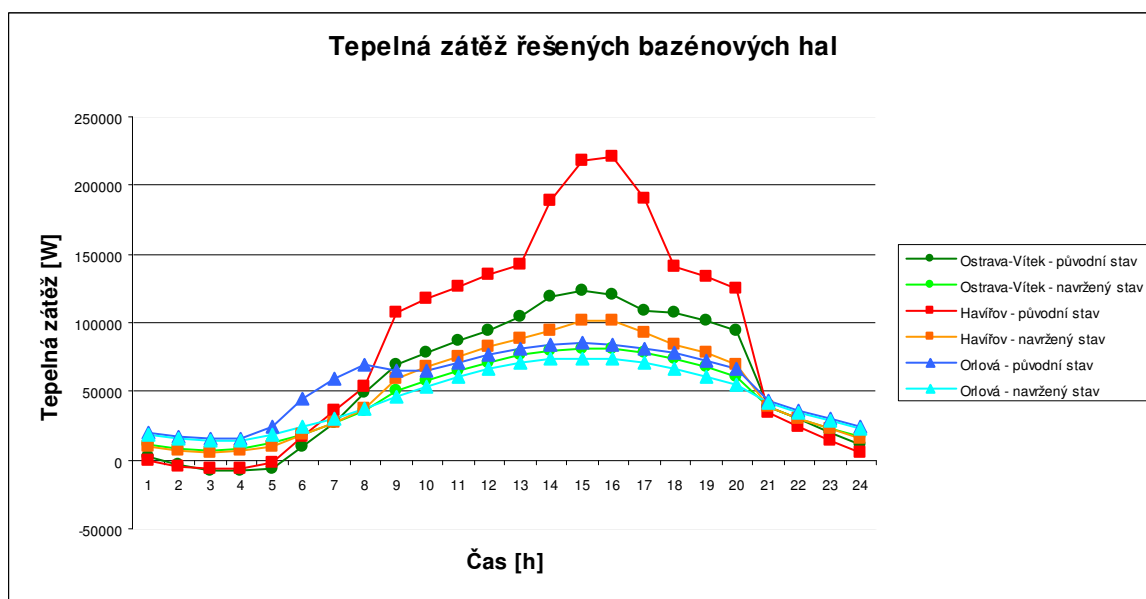


Graf 6: Průběh tepelné zátěže bazénové haly Orlová

Poznámka: Objekt je po celkové rekonstrukci v r. 2006. Červená křivka – původní stav: 8. hodina ranní znázorňuje první vrchol tepelné zátěže zapříčiněný absencí venkovních stínících prostředků a orientací prosklení bazénové haly na východní světovou stranu. Následný pokles je vyvolán stále ještě chladnějším vzduchem, jenž je přiváděn zvenčí. Druhá fáze tepelné zátěže je zapříčiněna postupným ohřevem venkovního vzduchu a jeho použitím k větrání vnitřního prostoru haly.

Pozvolný sestup je důkazem, že objekt má výrazné akumulční vlastnosti. Nejzatíženějším měsícem byl pro původní stav vypočítán červenec, pro navržený stav červenec, viz. příloha 15, 16.

Pohyb vrcholu tepelné zátěže mezi jednotlivými měsíci je zapříčiněn celkovým součtem jednotlivých tepelných zisků, které se se změnou jednotlivých konstrukčních opatření mění.



Graf 7: Průběh tepelných zátěží bazénových hal Ostrava-Vítek, Havířov a Orlová

V případech Ostrava-Vítek a Havířov můžeme pozorovat, že tepelná zátěž celkově kopíruje vnější prostředí, včetně okamžitých změn na přímou sluneční radiaci, a je tedy hůře regulovatelná. Zatímco u navržených stavů došlo téměř k totožnému průběhu tepelné zátěže a ta kopíruje hlavně teplotu venkovního přívodního vzduchu, který v letních měsících nahrazuje energeticky náročné aktivní chlazení klimatizací, viz. kap. 8.1.

## 7.12 Celková tepelná bilance pro letní a zimní období

Celková tepelná bilance objektu se stanoví součtem jednotlivých složek tepelných zisků a ztrát:

$$Q_C = Q_{OR} + Q_U + Q_L + Q_{hl} + Q_I \quad [W] \quad (22)$$

Kde:

$Q_{OR}$	[W]	je tepelný sluneční zisk radiací;
$Q_U$	[W]	tepelný prostup tepla stavebními konstrukcemi;
$Q_L$	[W]	tepelný zisk od osob;

$Q_{hl}$	[W]	přestup tepla mezi hladinou a okolním vzduchem;
$Q_l$	[W]	zisk vázaným teplem daný odparem z volné hladiny.

Celková tepelná bilance řešeného objektu je tedy součtem citelného a vázaného tepla. Jednotlivé složky celkové tepelné bilance pak mají různá (kladná nebo záporná) znaménka. Celková tepelná bilance pro letní a zimní stav, včetně původního a navrženého, je uvedena v tabulce níže.

Tabulka 5: Celková tepelná bilance

Tepelné stavy	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Havířov	Krytý bazén Orlová
Tepelné zisky od osob [W]	4800	4800	5400
Přestup tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem [W]	3000	3125	2985
Tepelný zisk od osvětlení [W]	11950	10160	9139
Tepelný zisk ozářením - léto (původní stav) [W]	70441	156858	10521
Tepelný zisk ozářením - léto (navržený stav) [W]	16005	38305	1416
Tepelný zisk vázaným teplem [W]	64818	67518	64493
Prostup tepla stavebními konstrukcemi - zima (původní stav) [W]	190597	154677	107169
Prostup tepla stavebními konstrukcemi - zima (navržený stav) [W]	77937	93512	84315

Poznámka: Dle vyhlášky č. 135/2004 Sb. tepelný zisk od osvětlení - intenzita osvětlení krytý bazén min. 250 lux, světelný zdroj: výbojka, produkce tepla  $15\text{W/m}^2$ .

Celková tepelná bilance - léto (původní stav) [W]	132259	221251	72029
Celková tepelná bilance - léto (navržený stav) [W]	77823	102698	62924
Celková tepelná bilance - zima (původní stav) [W]	-116829	-80124	-36522
Celková tepelná bilance - zima (navržený stav) [W]	-4169	-18959	-13668



## 8. Návrh větrání

Pro návrh větrání (letní období) objektu je nutno vycházet z celkové tepelné bilance stanovené pro dané období. Bylo využito návrhu, který se řídí směrovým měřítkem, toto je definováno vztahem:

$$\delta = Q_c / M_w \quad [-] \quad (23)$$

Kde:

$Q_c$	[W]	celková tepelná bilance objektu;
$M_w$	[g/s]	množství odpařené vody.

Směrové měřítko udává směr změny stavu vzduchu a je vztaženo k referenčnímu bodu v h-x diagramu.

### 8.1 Letní období

Při návrhu bylo vycházeno z předpokladu nepřekročení maximální povolené vlhkosti  $\varphi_i = 65\%$  dle [30] [34]. Hranice byla zvolena na  $\varphi_i = 60\%$ . Dále musí být dodržena maximální intenzita výměny vnitřního vzduchu (maximálně 9 – 12 -/hod). Při vyšších intenzitách hrozí riziko vzniku průvanu. V letním období bylo uvažováno se 100% přiváděného venkovního vzduchu. Maximální návrhová vnitřní teplota byla stanovena na  $\theta_i = 31 \pm 1$  °C.

Jednotlivé změny stavu vnitřního vzduchu jsou zakresleny pro původní a navržené stavy v příloze 18.

Při vypočtených vnitřních parametrech vychází intenzita větrání Pro původní stavy bazénových hal takto:

- Ostrava-Vítek: 14,2 -/hod
- Havířov: 29,7 -/hod
- Orlová: 2,9 -/hod

Z toho je zřejmé, že na objektu *Ostrava-Vítek* je intenzita větrání na požadované hranici. Toto lze připustit s ohledem na vhodné technické provedení přívodních vyústek vzduchu, které by rovnoměrně provětralý prostor.

U objektu *Havířov* je tepelná zátěž příliš vysoká a tento stav již nelze za uvedených předpokladů zvládnout (ochladit) jen přívodem venkovního čerstvého vzduchu. Proto byl uvažován stav aktivního chlazení prostoru bazénu. Okrajové podmínky

zůstaly totožné. Avšak v případě maximální možné intenzity větrání i na mezi únosnosti  $I = 12$  -/hod, byla vypočtena teplota přiváděného vzduchu  $t_{ich} = 18,97^\circ\text{C}$ , což je nevhodné z hlediska komfortu i energetické náročnosti (potřeba energie je 460,7 kW). Teplota přiváděného vzduchu do ochlazované místnosti by neměla překročit 7K dle [1]. Ani jedna varianta není vhodná. Proto je v těchto případech lépe uvažovat s lepšími tepelně-technickými parametry konstrukcí, či věnovat značnou pozornost stínícím prostředkům, viz. kapitola 7.11 a taktéž za tohoto stavu využít přirozenou aeraci objektu.

Pro navržené stavy vedoucí ke zlepšení tepelně technických parametrů jednotlivých konstrukcí vychází intenzity větrání takto:

- Ostrava-Vítek: 2,9 -/hod
- Havířov: 7,4 -/hod
- Orlová: 2,6 -/hod

U krytého bazénu *Orlová* je při návrhu nutno dbát, aby nebyla překročena hranice  $\varphi_i = 60\%$ . Tyto parametry jsou již vyhovující a plně dostačují k požadované úpravě vnitřního prostředí. Navržené úpravy byly tedy správné. Podrobnosti k výpočtu jsou uvedeny v příloze 17.

## 8.2 Zimní období

Pro ekonomický návrh teplovzdušného vytápění, pro zimní období, bylo potřeba využít všechny možnosti k úspoře energie. Přívod pokrývající 100% venkovního vzduchu je energetický náročný vzhledem k jeho ohřevu, neboť aby byla odvedena veškerá nadbytečná vlhkost, bylo by nutno relativně velké intenzity výměny vnitřního vzduchu. Proto bylo uvažováno s využitím systému zpětného získávání tepla a cirkulace.

Okrajové podmínky byly zvoleny dle [34], tedy  $\theta_i = 28^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_i = 60\%$ . Účinnost rekuperace byla uvažována 70%. Podíl cirkulace a přiváděného čerstvého vzduchu byl stanoven dle [1]. Objem čerstvého vzduchu byl stanoven na 2000 m<sup>3</sup>/h. Znázornění úpravy přívodního vzduchu pro zimní období je uveden v příloze 18.

Opět bylo využito principu směrového měřítka. Rozdíl teplot přiváděného vzduchu se stanoví dle:

$$\Delta t_p = Q_c / (c \cdot V \cdot \rho) \quad [\text{K}] \quad (24)$$

Kde:

c	[J/kg.K]	je měrná tepelná kapacita vzduchu;
V	[m <sup>3</sup> ]	objem přiváděného vzduchu;
ρ	[kg/m <sup>3</sup> ]	hustota vzduchu.

Pro původní stav řešení byla zvolena (ve všech případech) výměna vzduchu 4 -/h, neboť teploty přivodního vzduchu dosahují:

- Ostrava-Vítek: 40,7 °C
- Havířov: 37,8 °C
- Orlová: 33,3 °C

Teplejší vzduch než 40 °C není vhodné přivádět z hlediska tepelného komfortu a energetické náročnosti. Proto se využívá kvantitativní regulace. Pro navrženou variantu byla intenzita výměn vzduchu stanovena na 2 -/h vzhledem k požadavkům dle [34]. Zde teploty přiváděného vzduchu jsou:

- Ostrava-Vítek: 29,1 °C
- Havířov: 32,6 °C
- Orlová: 31,9 °C

Z výsledků je zřejmé, že celková tepelná bilance po přijetí konstrukčních návrhů se blíží nule. Tedy tepelná ztráta je vyrovnávána celkovými tepelnými zisky a to především vázaným teplem z hladiny. Z průběhu teplot v h-x diagramech je zřejmé, aby bylo dodrženo  $\phi_i = 60\%$ , bylo nutno ohřátý vzduch mírně navlhčit. Lze však tuto fázi vynechat a dostat se tak na nižší hodnoty vlhkosti, které by přispěly částečně lepšímu klimatu. To s sebou nese ovšem i změny v podílu mísení cirkulačního a čerstvého vzduchu a následného ohřevu. Proto byl navržen uvedený způsob úpravy vzduchu. Detaily výpočtu jsou uvedeny v příloze 17.

Energetické a ekonomické vyhodnocení způsobu větrání a teplovzdušného vytápění je uvedeno v tabulce níže.

Tabulka 6: Přehled potřeb výkonů při větrání řešených bazénových hal

Potřebný výkon	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Letní období - původní stav [W]	123100	258900	75200
Letní období - navržený stav [W]	76200	95400	74500
Letní období - původní stav (chlazení) [W]	-	460790	-
Zimní období - původní stav [W]	189800	156600	100800
Zimní období - navržený stav [W]	49100	56500	45500

Poznámka: Provoz se předpokládá cca 2160 h/rok

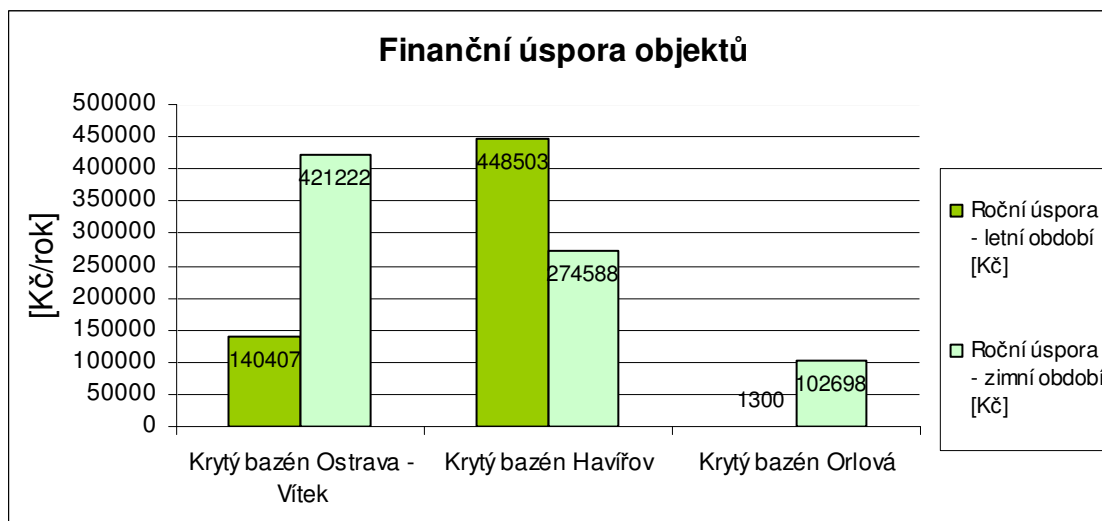
Potřebná energie	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Letní období - původní stav [kWh]	265896	559224	162432
Letní období - navržený stav [kWh]	164592	206064	160920
Letní období - původní stav (chlazení) [kWh]	-	995306	-
Zimní období - původní stav [kWh]	409968	338256	217728
Zimní období - navržený stav [kWh]	106056	122040	98280

Potřebná energie	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Letní období - původní stav [GJ]	957	2013	585
Letní období - navržený stav [GJ]	593	742	579
Letní období - původní stav (chlazení) [GJ]	-	3583	-
Zimní období - původní stav [GJ]	1476	1218	784
Zimní období - navržený stav [GJ]	382	439	354

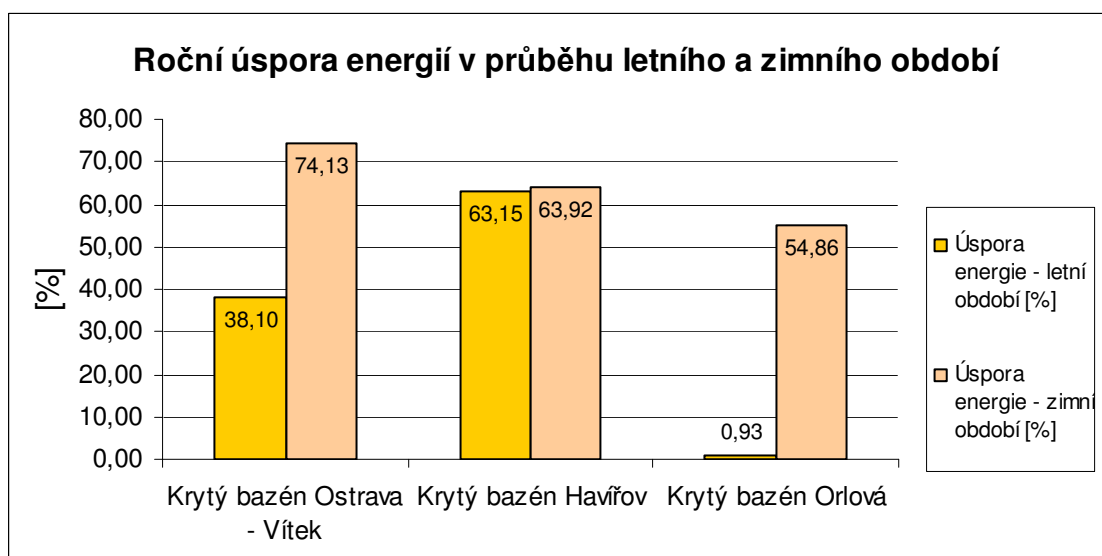
Kč/GJ (pro rok 2010)	385	352,77	238,82
Finanční náročnost	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Letní období - původní stav [Kč]	368532	710199	139651
Letní období - navržený stav [Kč]	228125	261696	138351
Letní období - původní stav (chlazení) [Kč]	-	1264010	-
Zimní období - původní stav [Kč]	568216	429576	187192
Zimní období - navržený stav [Kč]	146994	154987	84495

Roční úspora - letní období [Kč]	140407	448503	1300
Roční úspora - zimní období [Kč]	421222	274588	102698

Úspora energie - letní období [%]	38,10	63,15	0,93
Úspora energie - zimní období [%]	74,13	63,92	54,86



Graf 8: Roční finanční úspora energií větráním v průběhu letního a zimního období 2010



Graf 9: Procentuální vyjádření úspor energií větráním v průběhu letního a zimního období 2010

Z výpočtů je patrné, že největší energetický přínos mají změny provedené na objektu Havířov. Tato rapidní změna je připisována především změně tepelně technických parametrů vnějšího obvodového proskleného pláště včetně stínících prvků.

Naopak podobné změny přijaté na objektu Orlová se v letních měsících téměř nepromítanou ani do finanční, ani do energetické úspory. Jinak je tomu v zimních měsících.

## 9. Ohřev bazénové vody

Výpočet potřeby tepla u bazénů všeobecně vychází z tepelné ztráty bazénu během jeho provozu, mimo provoz a z potřeby pro přiváděnou čistou (studenou) vodu, sloužící k doplňování [6]. Tento požadavek vychází z [34] a je stanoven na 30 l čerstvé vody na osobu (v praxi to všem bývá i více, především v letních měsících, kdy lidé používají opalovací prostředky, které se následně vylučují do bazénové vody (ty lze jen ztěžší odbourat) a tak provozovatelé raději zvýší přísun čerstvé vody, aby splnili hygienická kritéria dle [34].

### 9.1 Měsíční potřeba tepla na krytí tepelné ztráty z hladiny vnitřního bazénu

Tato potřeba se stanoví dle rovnice [6], [31]:

$$Q_{BV} = n / 1000 \cdot \sigma_p \cdot [\beta_p \cdot A_p \cdot (p_{dtw,p}'' - p_{dtv,p}'') \cdot l_w / 3600 + h_i \cdot A_b \cdot (t_{w,p} - t_{v,p})] + \\ n / 1000 \cdot (24 - \sigma_p) \cdot [\beta_n \cdot A_p \cdot (p_{dtw,n}'' - p_{dtv,n}'') \cdot l_w / 3600 + h_i \cdot A_b \cdot (t_{w,n} - t_{v,n})] \quad [W] \quad (25)$$

Kde:

$n$	[-]	je počet dnů daného měsíce;
$\sigma_p$	[hod]	denní provozní doba bazénu;
$\beta_p$	[kg/(h.m <sup>2</sup> .Pa)]	součinitel přenosu hmoty vypařováním v době provozu ( $\beta_p = 5,1 \cdot 10^{-4}$ kg/(h.m <sup>2</sup> .Pa));
$\beta_n$	[kg/(h.m <sup>2</sup> .Pa)]	součinitel přenosu hmoty vypařováním v době mimo provoz ( $\beta_p = \beta_n$ );
$A_b$	[m <sup>2</sup> ]	plocha vodní hladiny bazénu;
$t_{w,p}$	[°C]	teplota bazénové vody v době provozu;
$t_{w,n}$	[°C]	teplota bazénové vody v době mimo provoz;
$t_{v,p}$	[°C]	vnitřní návrhová teplota v bazénové hale v době provozu;
$t_{v,n}$	[°C]	vnitřní návrhová teplota v bazénové hale v době mimo provoz;
$p_{dtw}''$	[Pa]	tlak syté vodní páry těsně nad hladinou při teplotě vzduchu rovné teplotě bazénové vody;
$p_{dtv}''$	[Pa]	tlak vodní páry v okolním vzduchu při teplotě $t_v$ a vlhkosti $\phi_v$ ;
$l_w$	[J/kg]	výparné teplo vody ( $l_w = 2,5 \cdot 10^6$ J/kg);
$h_i$	[W/(m <sup>2</sup> .K)]	součinitel přestupu tepla mezi okolním prostředím a hladinou bazénu sáláním a prouděním ( $h_i = 10$ W/(m <sup>2</sup> .K)).

## 9.2 Potřeba tepla pro ohřev doplňované vody

se stanoví dle vzorce [6], [31]:

$$Q_{SV} = k (V_{SV,OS} \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta t_w) / 3,6 \cdot 10^6 \quad [W] \quad (26)$$

Kde:

k	[-]	je počet návštěvníků;
$V_{SV,OS}$	[l/os]	měrná potřeba přiváděné čisté vody na návštěvníka ( $V_{SV,OS} = 30$ l/os);
$\Delta t_w$	[K]	rozdíl teploty přiváděné vody a vody v bazénu.

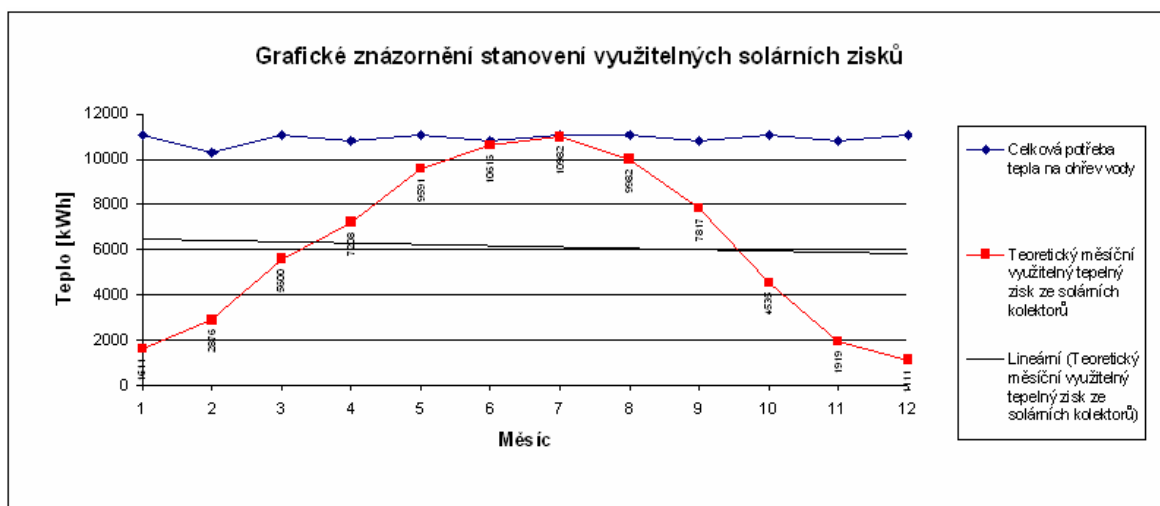
## 9.3 Výpočet celkové potřeby tepla pro ohřev bazénové vody

Pro zlepšení energetického hospodářství bylo uvažováno s obnovitelným zdrojem energie, s využitím solárních kolektorů. K výpočtu byly stanoveny tyto okrajové podmínky dle doporučení [3], [10], [34]:

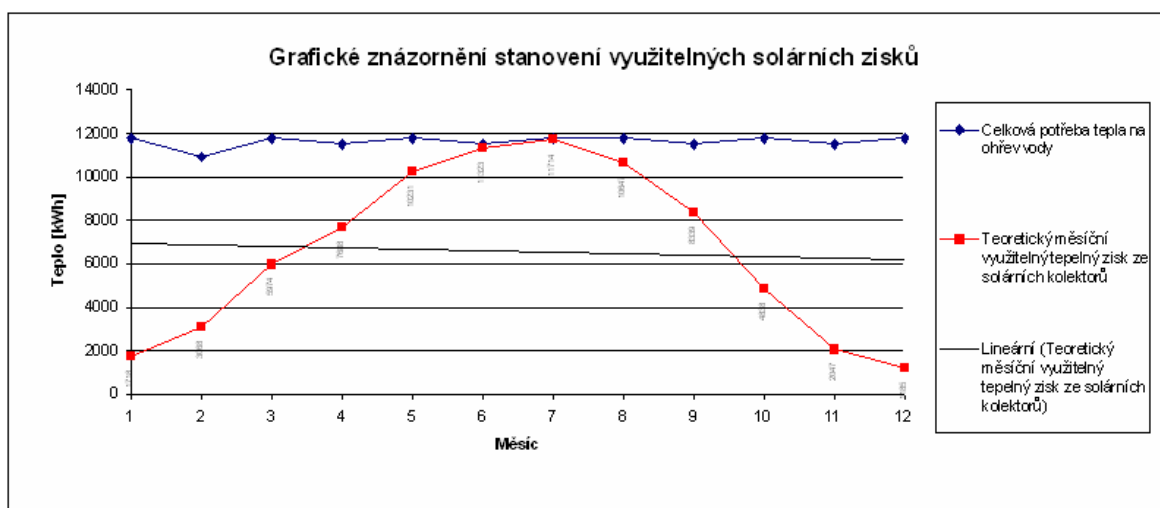
- teplota vody v bazénu v době provozu  $\theta_w = 27^\circ\text{C}$ ;
- teplota vody v bazénu v době mimo provoz  $\theta_w = 25^\circ\text{C}$ ;
- teplota vnitřního vzduchu v době provozu  $\theta_i = 28^\circ\text{C}$ ;
- teplota vnitřního vzduchu v době mimo provoz  $\theta_i = 28^\circ\text{C}$ ;
- účinnost solárního kolektoru Viessmann Vitosol 200-F ( $\eta = 0,793$ ) [18].

Výpočet celkové potřeby tepla pro ohřev bazénové vody byl proveden tabulkovým procesorem Excel a to včetně využití plochých solárních kolektorů Viessmann Vitosol 200-F [18], jenž se uvažuje instalovat na střechy jednotlivých objektů (nutný posudek statika). Teoretické solární pokrytí celkové potřeby se pohybuje kolem 56%. Vyšší pokrytí by bylo možné, ovšem na úkor vzniku tepelných přebytků, které by byly eliminovány možným využitím pro ohřev teplé vody v ostatních částech objektu. Vypočtené údaje jsou uvedeny v tabulce 7, včetně energetických úspor vyjádřených finančně i procenty. Cenová kalkulace se vztahuje na jednotku GJ a její cenu za rok 2010.

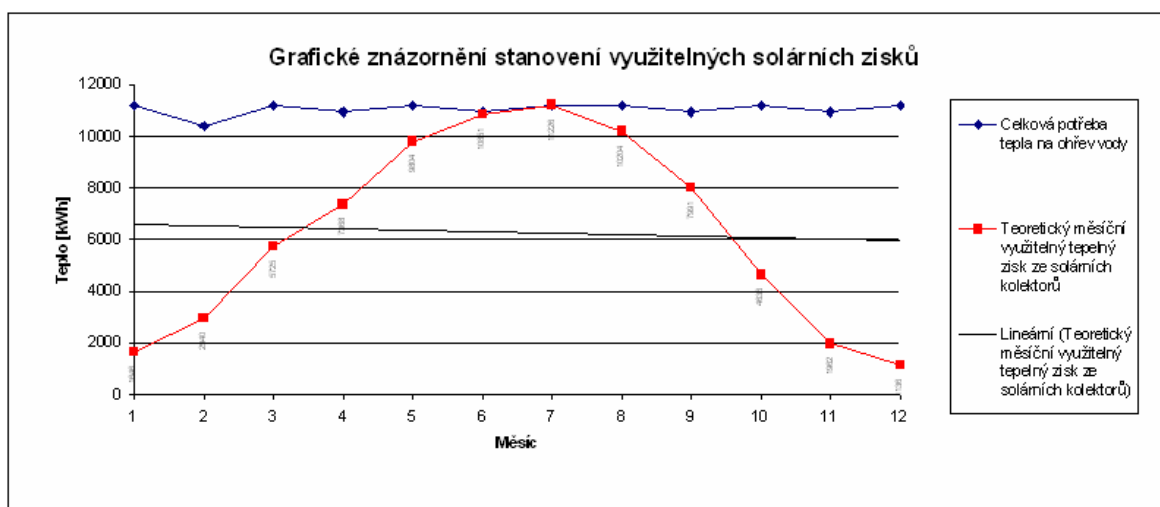
*Poznámka: Průměrná vytíženost všech řešených objektů je počítána na 45% v době plného provozu, tedy 11 hodin denně, včetně víkendů.*



Graf 10: Měrný profil potřeby teplé vody a průběh teoreticky využitelných tepelných zisků pro bazén Ostrava-Vítek



Graf 11: Měrný profil potřeby teplé vody a průběh teoreticky využitelných tepelných zisků pro bazén Havířov

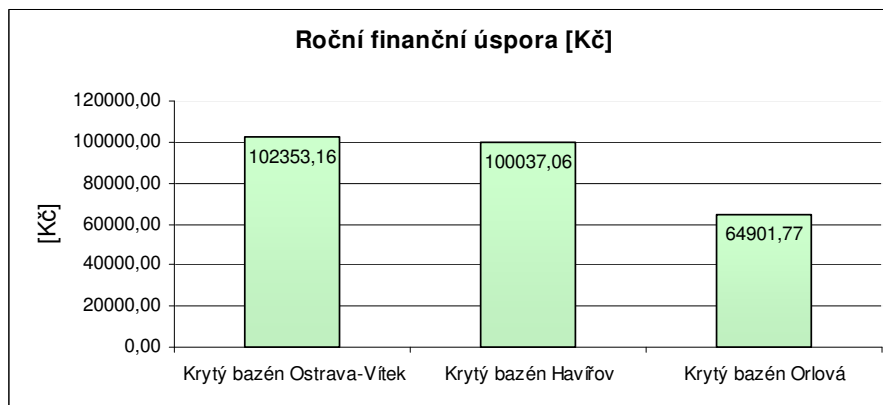


Graf 12: Měrný profil potřeby teplé vody a průběh teoreticky využitelných tepelných zisků pro bazén Orlová

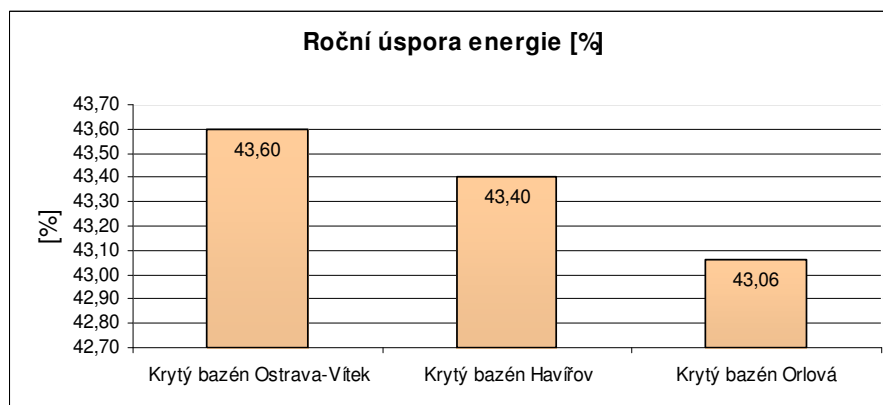


Tabulka 7: Potřeba tepla pro ohřev bazénové vody

	Krytý bazén Ostrava-Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Objem bazénové vany [m <sup>3</sup> ]	560	707	306
Celkový objem bazénové vody k ohřevu [m <sup>3</sup> ]	3360	3507	3406
Roční potřeba tepla na krytí tepelné ztráty vnitřního (krytého) bazénu [kWh/rok]	97492,87	101555,07	97005,40
Roční potřeba tepla na krytí tepelné ztráty vnitřního (krytého) bazénu [GJ/rok]	350,97	365,60	349,22
Roční potřeba tepla na ohřev přiváděné studené vody [kWh/rok]	33488,67	37672,87	35578,26
Roční potřeba tepla na ohřev přiváděné studené vody [GJ/rok]	120,56	135,62	128,08
Celková potřeba tepla na ohřev vody [kWh/rok]	130981,54	139227,94	132583,66
Celková potřeba tepla na ohřev vody [GJ/rok]	471,53	501,22	477,00
Roční měrné využitelné zisky solární soustavy [kWh/m <sup>2</sup> .rok]	707,36	707,36	707,36
Teoretické solární pokrytí [%]	56,40	56,60	56,94
Roční energetická úspora [kWh/rok]	57133,66	60456,87	57094,72
Roční energetická úspora [GJ/rok]	205,68	217,65	205,54
Roční finanční úspora [Kč]	102353,16	100037,06	64901,77
Roční úspora energie [%]	43,60	43,40	43,06



Graf 13: Ekonomické vyjádření roční úspory potřeby tepla na ohřev bazénové vody



Graf 14: Procentuální vyjádření roční úspory potřeby tepla na ohřev bazénové vody

## 10. Shrnutí energetické náročnosti objektů

Pro dosud provedené výpočty byla sestavena rekapitulace, aby bylo možno jednotlivé řešené cíle (celková potřeba tepla na vytápění, celková potřeba energie na větrání pro letní a zimní období, celková potřeba tepla na ohřev bazénové vody a celková potřeba energie na chlazení) separovat a vyjádřit tak jejich konkrétní podíl na celkové energetické potřebě pro dané objekty.

Tyto výsledky budou dále konfrontovány s výsledky spotřeb energií provedených výpočtovým programem Energie, který je přímo určen k provádění energetických průkazů budov dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov.

Tabulka 8: Shrnutí energetické náročnosti řešených objektů dle dosavadních výpočtů

<b>Původní stav</b>	<b>Krytý bazén Ostrava-Vítek</b>	<b>Krytý bazén Haviřov</b>	<b>Krytý bazén Orlová</b>
Jednotky	<b>GJ</b>	<b>GJ</b>	<b>GJ</b>
Celková potřeba tepla na vytápění za rok – původní stav	1578,40	1282,67	708,85
Celková potřeba energie na větrání – letní období, původní stav	95,72	201,32	58,47
Celková potřeba energie na větrání - zimní období, původní stav	147,58	121,77	78,38
Celková potřeba tepla na přípravu bazénové vody (bez použití fototermiky)	472,00	501,00	477,00
Celková potřeba energie na chlazení – letní období – původní stav	-	3583,00	-
Celková potřeba energie pro řešené kategorie – původní stav	<b>2197,98</b>	<b>1904,77</b>	<b>1264,23</b>

<b>Navržený stav</b>	<b>Krytý bazén Ostrava-Vítek</b>	<b>Krytý bazén Haviřov</b>	<b>Krytý bazén Orlová</b>
Jednotky	<b>GJ</b>	<b>GJ</b>	<b>GJ</b>
Celková potřeba tepla na vytápění za rok – navržený stav	315,48	435,91	455,50
Celková potřeba energie na větrání – letní období, navržený stav	59,25	74,18	57,93
Celková potřeba energie na větrání - zimní období, navržený stav	38,18	43,93	35,38
Celková potřeba tepla na přípravu bazénové vody (s využitím fototermiky)	205,80	217,40	205,50
Celková potřeba energie na chlazení - letní období - navržený stav	-	-	-
Celková potřeba energie pro řešené kategorie – navržený stav	<b>559,46</b>	<b>697,24</b>	<b>696,38</b>

## 11. Hodnocení energetické náročnosti budov dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov

### 11.1 Metodika hodnocení energetické náročnosti budov

Hodnocení energetické náročnosti budov vychází z evropské směrnice 2002/91/ES a její pozdější aktualizace 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (EPBD, ENB). Tento dokument řeší komplexní přístup ke snižování energetické náročnosti budov.

Její česká implementace je zakotvena v zákoně č. 406/2006 Sb. o hospodaření s energií, kterým byl novelizován zákon 406/2000 Sb. a dále v zákoně 177/2006 Sb., kterým se mění zákon 406/2000 Sb. včetně normy ČSN ISO EN 13790 [24] Na tyto národní legislativní dokumenty navazuje prováděcí vyhláška č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov, ta řeší hodnocení budov tzv. bilančním hodnocením.

Limity pro splnění jsou uvedeny v příloze 1 této vyhlášky a níže uvedené tabulce, která je její součástí. Budovy v kategoriích A – C jsou vyhovující. Ostatní kategorie nesplňují požadavky.

*Tabulka 9: Hodnotící tabulka pro budovy s mezními ukazateli energetické náročnosti. Hodnoty jsou vyjádřeny v kWh/(m<sup>2</sup>.rok)*

Druh budovy	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	< 51	51 - 97	98 - 142	143 - 191	192 - 240	241 - 286	> 286
Bytový dům	< 43	43 - 82	83 - 120	121 - 162	163 - 205	206 - 245	> 245
Hotel a restaurace	< 102	102 - 200	201 - 294	295 - 389	390 - 488	489 - 590	> 590
Administrativní	< 62	62 - 123	124 - 179	180 - 236	237 - 293	294 - 345	> 345
Nemocnice	< 109	109 - 210	211 - 310	311 - 415	416 - 520	521 - 625	> 625
Vzdělávací zařízení	< 47	47 - 89	90 - 130	131 - 174	175 - 220	221 - 265	> 265
Sportovní zařízení	< 53	53 - 102	103 - 145	146 - 194	195 - 245	246 - 297	> 297
Obchodní	< 67	67 - 121	122 - 183	184 - 241	242 - 300	301 - 362	> 362

Budovy jsou hodnoceny měrnou spotřebou energie dle vzorce:

$$EP_A = 277,8 \cdot (E_P / A_c) \quad [\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})] \quad (27)$$

Kde:

$E_P$  [GJ/rok] vypočtená celková roční dodaná energie;

$A_c$  [m<sup>2</sup>] celková podlahová plocha.

Vypočtená celková měrná roční dodaná energie ( $E_{PA}$ ) je prostým součtem měrných energií na vytápění, chlazení, větrání, přípravu teplé vody a osvětlení vztažené vždy na celkovou podlahovou plochu, přičemž energie vyprodukované obnovitelnými zdroji (které jsou součástí hodnocené budovy se odečítají od celkové dodané energie ( $E_{PA}$ )).

## 11.2 Vstupní data pro výpočet energetické náročnosti řešených budov

Vstupní data byla stanovena dle [20], kdy:

- venkovní výpočtová teplota:  $\theta_e = -15^\circ\text{C}$
- návrhová vnitřní teplota:  $\theta_i = 28^\circ\text{C}$
- klimatická oblast: II.

Bazénové haly byly posuzovány jako jedna zóna a to vzhledem k okolnostem, že teploty v sousedních místnostech jsou více než o 4K nižší.

Vnitřní zisky objektů vychází z přestupu vázaného tepla z volné hladiny vody, viz. tabulka 5. kap. 7.12.

Větrání objektů je nucené s mírným podtlakovým systémem, aby se vlhkost z bazénové haly nešířila dále do objektu. Je kalkulováno s minimální předepsanou výměnou vzduchu 2 -/h. Výpočtový program neumožňuje změnu intenzity větrání v průběhu roku.

S chlazením Objektu Havířov se neuvažuje vzhledem k nemožnosti provedení.

Jednotlivé součinitele obalových konstrukcí byly vypočteny pro původní (současný) a navržený stav, viz. kapitola 5.2 a přílohy 2, 3, 4.

Všechny objekty jsou zásobovány stejným druhem zdroje – centrálním zásobováním teplem. Pouze objekt Orlová má navíc kogenerační jednotku.

Příprava teplé bazénové vody je uvažována pro původní variantu pouze systémem CZT. Pro návrhovou variantu je kalkulováno využití solárních kolektorů s účinností 79,3%.

Osvětlení je ve všech objektech tvořeno pouze jedním druhem svítidel, a to výbojkami. Intenzita osvětlení prostorů odpovídá 250 luxům.

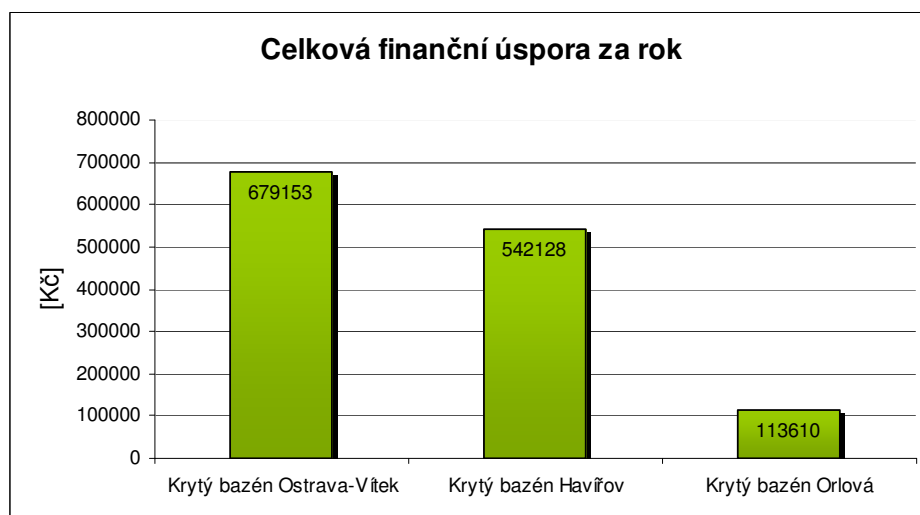
Tabulka 10: Přehled energetické náročnosti řešených objektů dle vyhlášky č. 148/2007 Sb.

Původní stav	Krytý bazén Ostrava-Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Jednotky	<b>GJ</b>	<b>GJ</b>	<b>GJ</b>
Energetická náročnost vytápění za rok EP,H	1683,84	1557,56	833,26
Energ. náročnost mech. větrání za rok EP,F	142,57	149,43	107,19
Energ. náročnost přípravy TV za rok EP,W	349,91	365,21	354,70
Energ. náročnost osvětlení za rok EP,L	171,91	146,45	131,47
Celková roční dodaná energie Q <sub>fuel</sub> =EP	2348,23	2218,65	1288,60
Jednotky	<b>kWh/m2.a</b>	<b>kWh/m2.a</b>	<b>kWh/m2.a</b>
Max. měrná spotřeba energie EP,A,req:	<b>145</b>	<b>145</b>	<b>145</b>
Měrná spotřeba energie budovy EP,A (původní stav)	<b>763</b>	<b>835</b>	<b>411</b>
Třída energetické náročnosti budovy	<b>G</b>	<b>G</b>	<b>G</b>
Slovní vyjádření	<b>Mimořádně ne hospodárná</b>	<b>Mimořádně ne hospodárná</b>	<b>Mimořádně ne hospodárná</b>

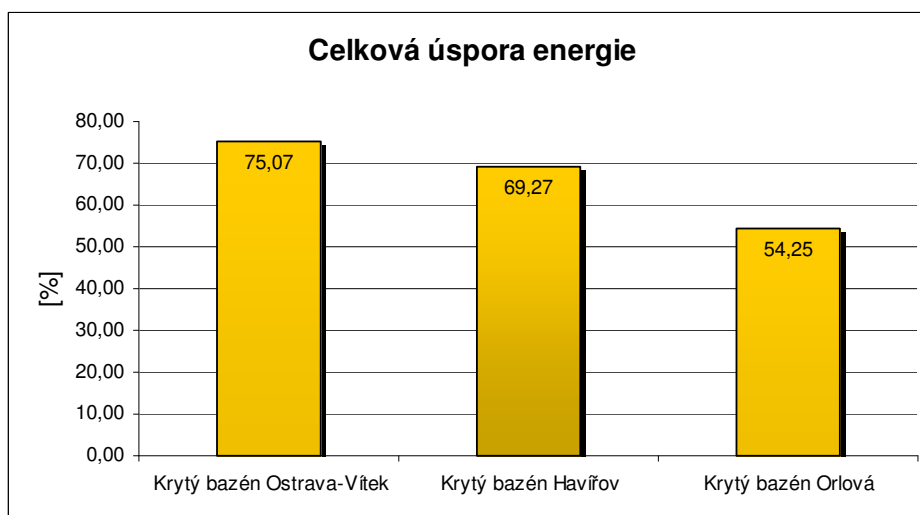
Navržený stav	Krytý bazén Ostrava-Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Jednotky	<b>GJ</b>	<b>GJ</b>	<b>GJ</b>
Energetická náročnost vytápění za rok EP,H	323,27	425,39	440,29
Energ. náročnost mech. větrání za rok EP,F	60,88	75,02	53,60
Energ. náročnost přípravy TV za rok EP,W	61,99	62,83	62,14
Energ. náročnost osvětlení za rok EP,L	139,25	118,62	106,49
Celková roční dodaná energie Q <sub>fuel</sub> =EP	585,39	681,87	589,59
Jednotky	<b>kWh/m<sup>2</sup>.a</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>.a</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>.a</b>
Max. měrná spotřeba energie EP,A,req:	<b>145</b>	<b>145</b>	<b>145</b>
Měrná spotřeba energie budovy EP,A (navržený stav)	<b>190</b>	<b>257</b>	<b>188</b>
Třída energetické náročnosti budovy	<b>D</b>	<b>F</b>	<b>D</b>
Slovní vyjádření	<b>Nevyhovující</b>	<b>Velmi ne hospodárná</b>	<b>Nevyhovující</b>

Doplňující obnovitelné zdroje energie	Solární kolektory - příprava bazénové vody	Solární kolektory - příprava bazénové vody	Solární kolektory - příprava bazénové vody
Doplňující zdroje energie	-	-	Kogenerační jednotka - vytápění objektu

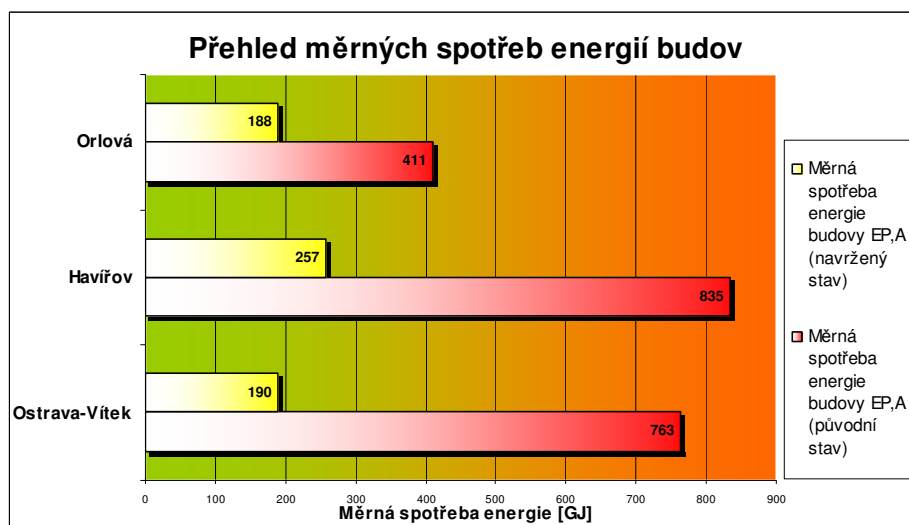
Celková energetická úspora [kWh]	489915,00	426564,00	194099,20
Celková energetická úspora [GJ]	1762,84	1536,78	699,01
Celková finanční úspora za rok 2010 [Kč]	679153	542128	113610
Celková úspora energie [%]	75,07	69,27	54,25



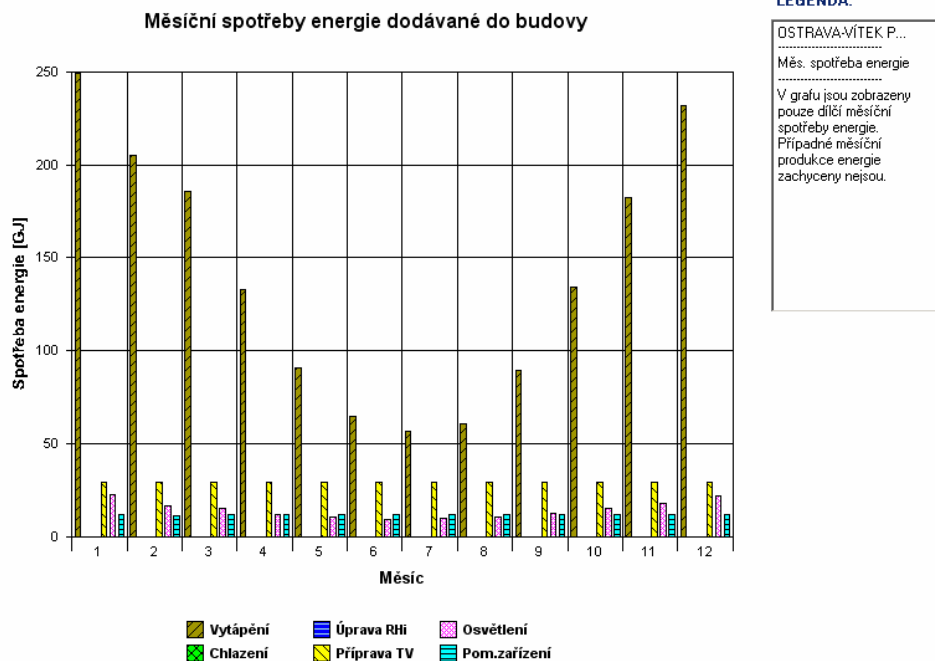
Graf 15: Přehled celkových finančních úspor měrných spotřeb energií



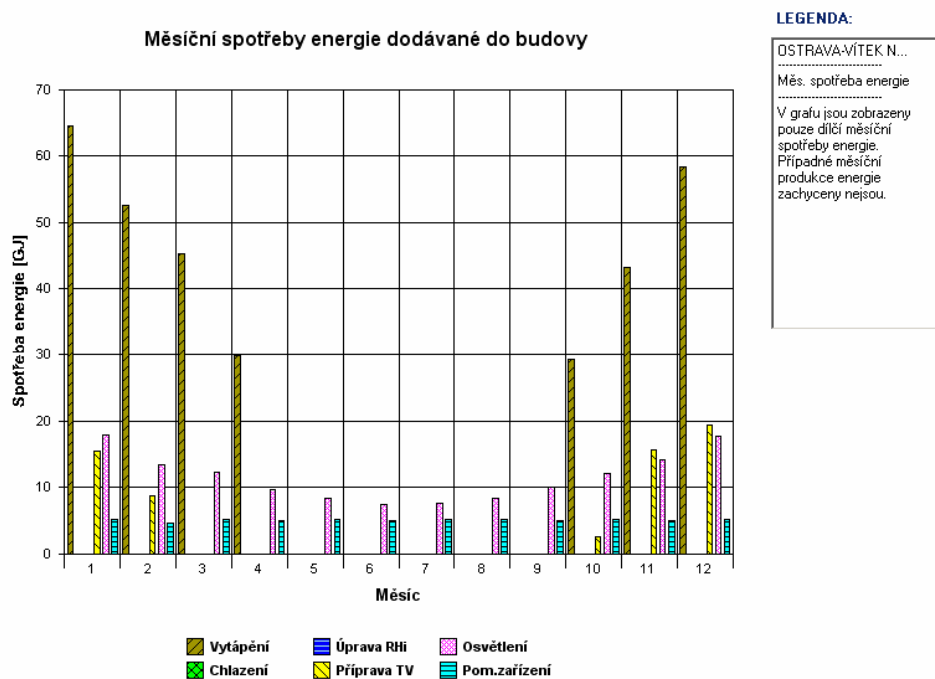
Graf 16: Procentuální vyjádření celkových úspor měrných spotřeb energií řešených objektů



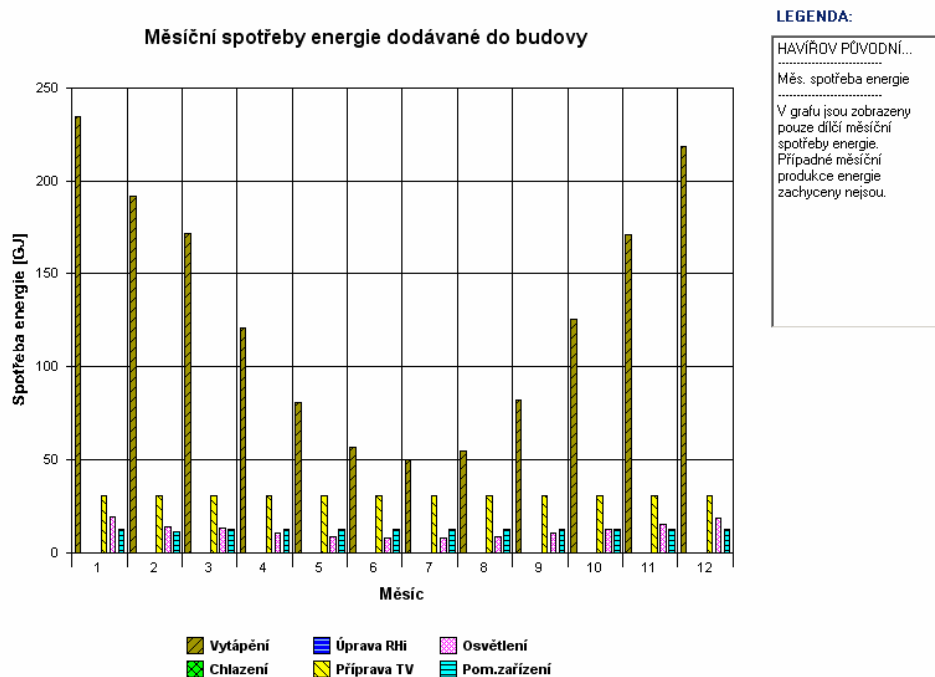
Graf 17: Přehled měrných spotřeb energií řešených objektů dle vyhlášky č. 148/2007 Sb.



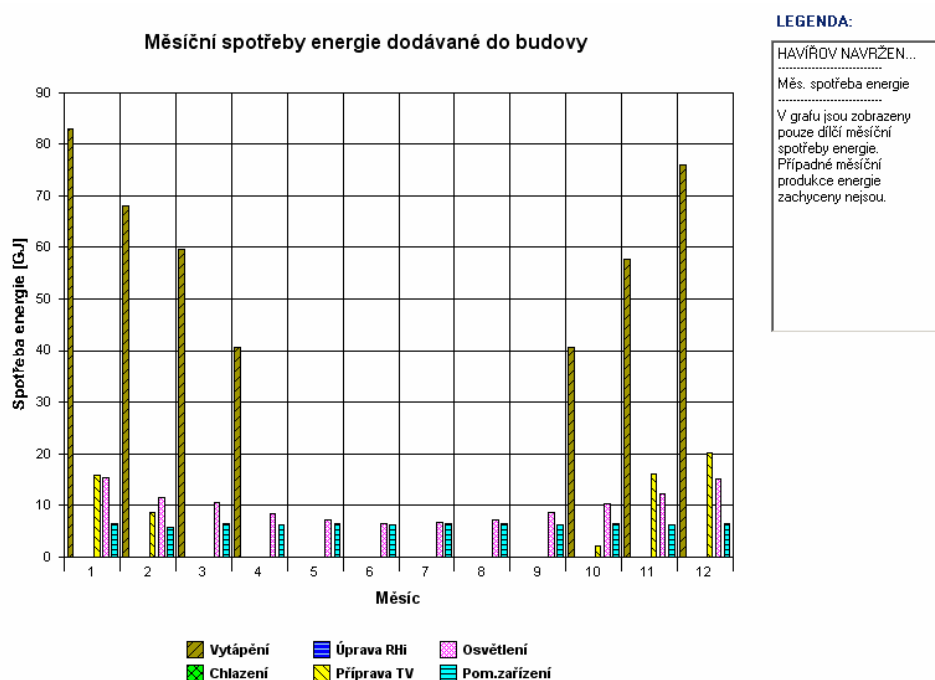
Graf 18: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Ostrava-Vítek – původní stav



Graf 19: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Ostrava-Vítek – navržený stav

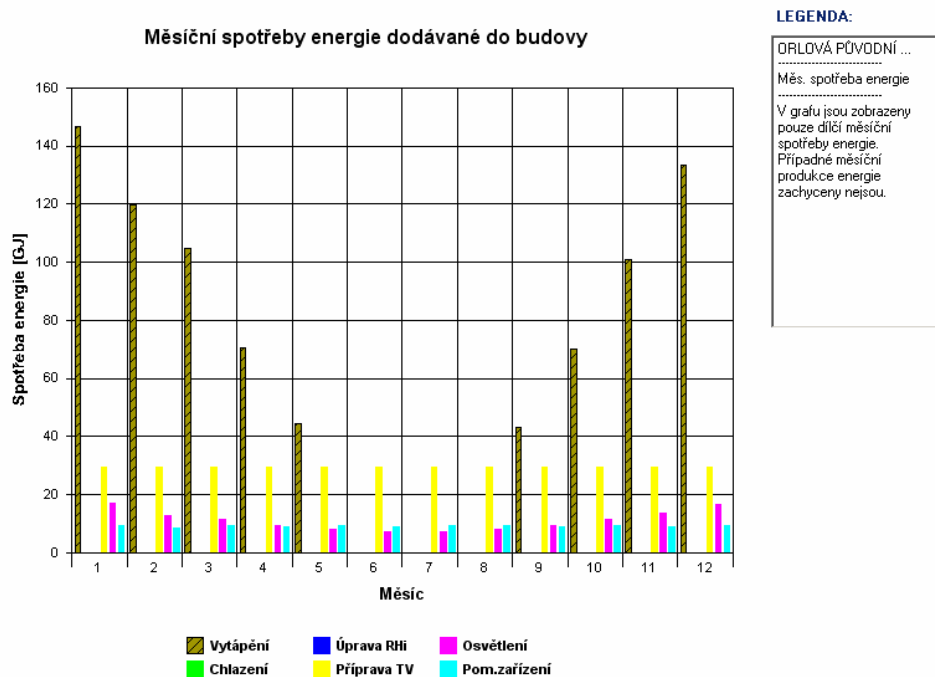


Graf 20: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Havířov – původní stav

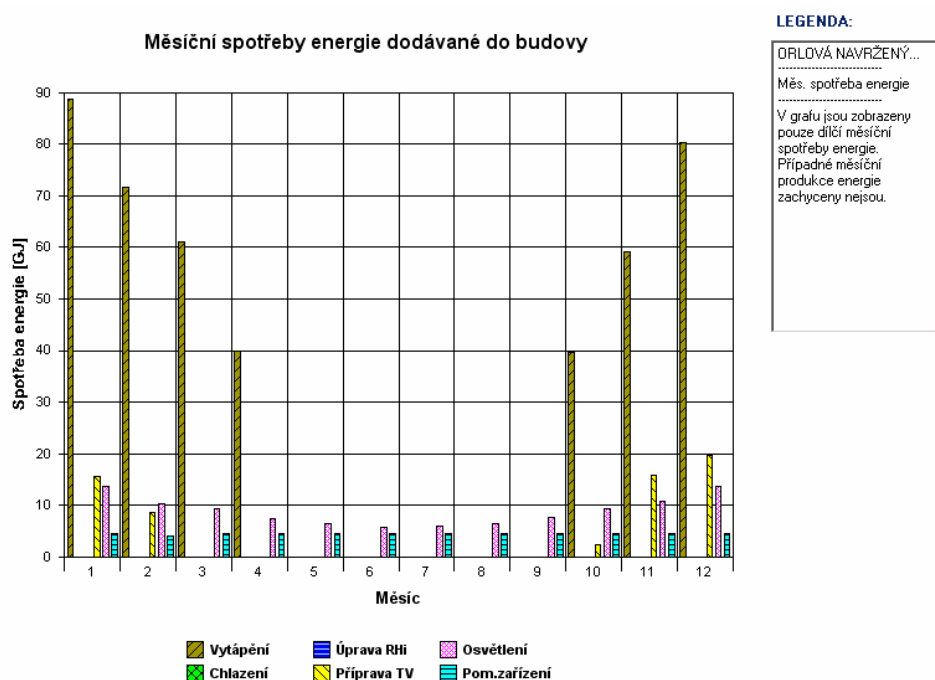


Graf 21: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Havířov – navržený stav





Graf 22: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Orlová – původní stav



Graf 23: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Orlová – navržený stav

### 11.3 Výsledky bilančního hodnocení energetické náročnosti řešených budov

Výsledky výpočtu programem Energie 2009 jsou uvedeny v tabulce 10. Z výsledků je zcela jednoznačné, že ani jeden z objektů nevyhověl požadavkům současné platné legislativy [34]. Nabízí se zde zajímavé srovnání s tabulkou 4.

- a) Ačkoliv tabulka 4 hodnotí *normový požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla* u jednotlivých budov jako celku (tedy jen potřebu vytápění) dle [19], byla „aplikována“ na jednotlivé bazénové haly a to pro původní i navržený stav. Požadavek:

$U_{emN} > U_{em}$  nebyl splněn pro:

- původní stavy všech tří bazénových hal (v plném rozsahu);
- navržené stavy u objektů Havířov a Orlová dle požadavků [19].

Naopak tento požadavek se podařilo naplnit u objektu Ostrava-Vítek (kategorie C2). Tento výsledek lze připsat celkové stavební koncepci objektu, kdy 3 světové strany bazénové haly jsou částečně obestavěny obslužnými prostory a dále, že bylo učiněno snížení stropní konstrukce, což do jisté míry zapříčinilo snížení spotřeby tepla na vytápění.

- b) Tabulka 10 kategorizuje řešené bazénové haly (zóny) dle energetické náročnosti budov na *měrnou potřebu energie komplexním způsobem*, nejen z hlediska vytápění. Avšak při porovnání s tabulkou 4 jsou výsledky propočtu velmi podobné. Toto je zapříčiněno posuzováním budov obdobné konstrukce i obdobným užitím, včetně jejich technického stavu.

Lze tedy říci, že paušální potřeba tepla pro ohřev bazénové vody a pro osvětlení (které bylo též zahrnuto do výpočtu) nemá v těchto případech tak enormní vliv na celkovou měrnou spotřebu energie jako je tomu u vytápění, či větrání, které je přímo závislé na tepelně technických vlastnostech obalových konstrukcí. Tuto závislost lze pozorovat vzájemným porovnáním tabulek 8 a 10. V následujících letech je zde ovšem reálný předpoklad, že se tento podíl bude značně obracet v důsledku očekávaného zpřísnění součinitelů prostupu tepla konstrukcí.

Obnovitelné zdroje energie (využití solárních panelů k ohřevu bazénové vody) a kogenerační jednotka pro objekt Orlová se podílejí taktéž nemalou pozitivní měrou na celkovém bilančním výsledku měrné spotřeby energie. Toto by nemělo být zanedbáno.

Dle požadavků stanovených [35], kdy:

$$EP_A < EP_{A,reg} = 145 \quad [kWh/(m^2.rok)] \quad (28)$$

nevyhověla žádná z bazénových hal, a to ani po provedení úprav vedoucích ke zlepšení tepelně technických parametrů obalových konstrukcí, které ovšem v ojedinělých případech nebylo možno dosáhnout, viz. kap. 5.2.

Nejhorší výsledky vykazuje bazénová hala Havířov, kdy:

$EP_A = 257 > EP_{A,reg} = 145 \text{ kWh}/(m^2.rok)$ . Tento výsledek je přisuzován prosklenému obvodovému plášti bazénové haly, který tvoří poloviční podíl obvodových konstrukcí. Tento plášť nemůže v současné době dosáhnout na tepelně technické parametry konstrukcí zděných (plných). Bazénová hala Havířov tedy spadá do bilanční kategorie „F“ (velmi ne hospodárná).

Hodnoty výpočtů uvedené v tabulce 8, kap. 10, a tabulce 10, která je vypočtená programem Energie 2009 jsou mírně rozdílné a vzájemně kolísají až o čtvrtinu celkové roční dodané energie do bazénové haly. Toto lze vysvětlit tzv. přesností výpočtu, kdy výsledky v tabulce 8, kap. 10, jsou prostým, avšak přesným výpočtem potřeb energií pro řešení bazénové haly přepočteny dle hodinového provozu za použití metodiky *J. Cihelky Vytápění, větrání a klimatizace, SNTL Praha, 1985* (zatímco výsledky dle Energie 2009 jsou založeny na tzv. bilančním hodnocení budov. Zde se uvažuje s předpokladem, že objekt (řešená zóna) je užíván standardizovaným způsobem. Ten však nezahrnuje, a ani nemůže postihnout, případné individuální chování provozu řešeného objektu (zóny) způsobené uživatelem, které nastává téměř ve 100% řešených případech. I tak lze předpokládat, že vypočtené hodnoty odpovídají realitě.

## 12. Porovnání vypočtených výsledků s reálnými odběry energie

Aby bylo možno dále porovnat správnost uvedených výpočtů, je nutno tyto alespoň orientačně porovnat se skutečnou spotřebou jednotlivých objektů. Úskalí vzájemného porovnání však může nastat při vyhodnocení, neboť reálné spotřeby energií pro jednotlivé

objekty krytých bazénů jsou odečítány pro celou budovu krytého bazénu. Zatímco tato práce se zajímá pouze o bazénové haly, které jsou součástí těchto budov.

Celková spotřeba energií, za léta provozu 2007 – 2010, pro řešené budovy je dle poskytnutých fakturačních údajů uvedena v tabulce níže. Je zřejmé, že hodnoty vypočtené programem Energie 2009 se liší. Z předchozího (kap. 11.3) lze tedy uvažovat, že pokud byl výpočet celkových potřeb energií (EP) pro bazénové haly správný, jde tyto hodnoty konfrontovat s celkovou spotřebou energie dodanou do jednotlivých budov. Tímto způsobem lze prostě vyjádřit, jakou měrou se samotné bazénové haly obdobných proporcí a konstrukcí podílejí na celkové spotřebě dodané energie do budovy. Výsledky jsou vyjádřeny v tabulce níže.

Tabulka 11. Energetický podíl bazénové haly na celkové energetické spotřebě objektu

Skutečná celková spotřeba energie		Krytý bazén Ostrava-Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Rok	Jednotky	GJ	GJ	GJ
2007		-	3052	3202
2008		1768	2803	2825
2009		1800	3063	2795
2010		1824	2968	2807
Průměrná spotřeba energie pro celý objekt 2007 - 2010 [GJ]		1797,3	2971,5	2907,25

#### Výpočtová spotřeba energie

Celková roční dodaná energie $Q_{\text{fuel}} = \text{EP}$ - původní stav [GJ]	2348,23	2218,65	1288,60
Celková roční dodaná energie $Q_{\text{fuel}} = \text{EP}$ - navržený stav [GJ]	585,39	681,87	589,59

Poznámka: Hodnoty EP byly použity z výpočtového programu Energie 2009.

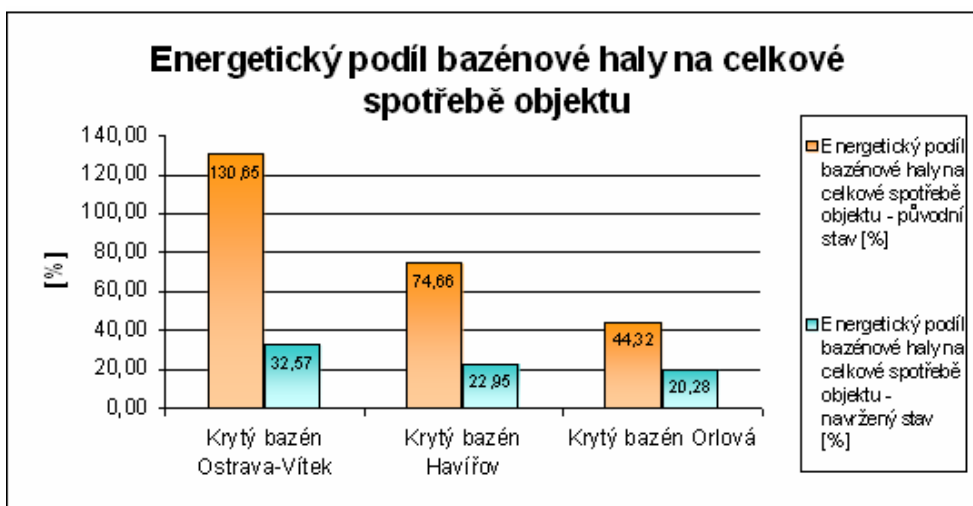
Energetický podíl bazénové haly na celkové spotřebě energie - původní stav [%]	130,65	74,66	44,32
Energetický podíl bazénové haly na celkové spotřebě energie - navržený stav [%]	32,57	22,95	20,28

Poznámky a vysvětlení:

- Údaje pro objekt Ostrava-Vítek z roku 2007 nebyly v době výpočtu k dispozici.
- Hodnoty Energetického podílu jsou vztaženy k Průměrné spotřebě energie pro celý objekt (2007 – 2010).
- U krytého bazénu Ostrava-Vítek je hodnota 130,65% zapříčiněna rozdílným využíváním bazénu od stanovených normových hodnot (objekt je provozován s nižší teplotou vnitřního vzduchu než  $\theta_i = 28^\circ\text{C}$  a často i nižší teplotou bazénové vody  $\theta_w = 27^\circ\text{C}$ , jak bylo v průběhu této práce kalkulováno) a občasnou odstávkou bazénu v době prázdnin.
- U krytého bazénu Orlová je hodnotový rozdíl (2907,25 - 1288,60 GJ) zapříčiněn opět rozdílným užíváním bazénu, než bylo kalkulováno. Jedná se především o zvýšenou teplotu

vnitřního vzduchu v bazénové hale  $\theta_i > 28^\circ\text{C}$ , vyšší teplotu bazénové vody  $\theta_w > 27^\circ\text{C}$  a pravděpodobně na vyšší spotřebě vody pro bazén, viz. tabulka 1. Toto se projevuje na reálné zvýšené průměrné spotřebě energie pro celý objekt (2907,25 GJ).

Energetický podíl bazénových hal na celkové spotřebě energií dodaných do objektů pro navržené stavy je vztažen k průměrné spotřebě energie pro objekty (2007 – 2010).



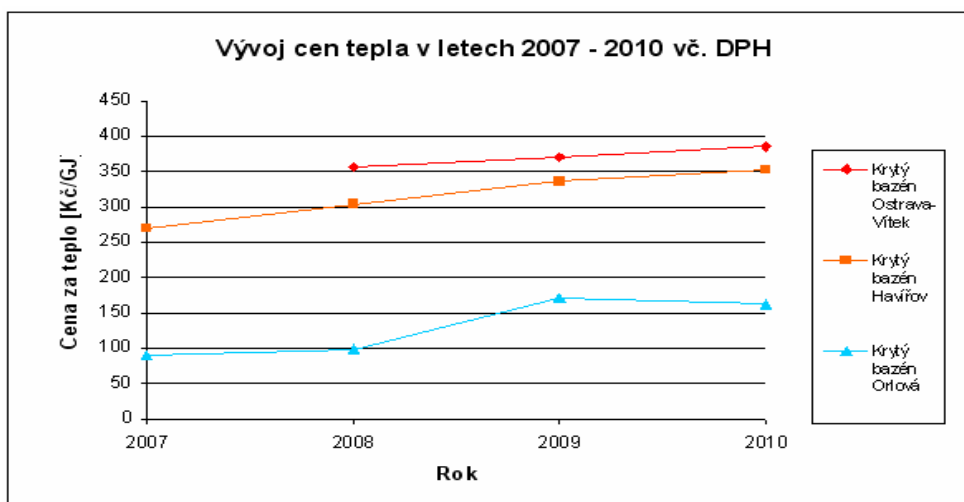
Graf 24. Energetický podíl bazénové haly na celkové spotřebě energie objektem

Vzhledem ke stále zvyšujícím se cenám energií se doporučuje provedení navržených úprav, které povedou ke snížení celkové energetické náročnosti řešených budov. Hladina růstu cen za dodávané energie pro řešená bazénová zařízení je stále stoupající, a to v průměru o 9,88% za rok dle údajů poskytnutých provozovateli, viz. graf 25.

Lze předpokládat, že v případě neuskutečnění jakýchkoliv změn majících pozitivních vliv na spotřebovanou energii, bude provoz těchto zařízení v horizontu deseti let cca. 2x ekonomicky náročnější, než je tomu v současné době. Tento předpoklad je reálný i vzhledem k současným a budoucím celosvětovým obavám o strategické zdroje energie všeho druhu.

Tabulka 12: Vývoj cen tepla za 1 GJ [Kč vč. DPH] za období 2008 - 2010

Rok	Krytý bazén Ostrava-Vítek	Krytý bazén Havířov	Krytý bazén Orlová
2007	-	270,05	89,86
2008	356,42	303,89	98,55
2009	370,40	336,15	170,98
2010	385,26	352,77	162,53



Graf 25: Vývoj cen tepla za 1 GJ [Kč vč. DPH] za období 2007 - 2010

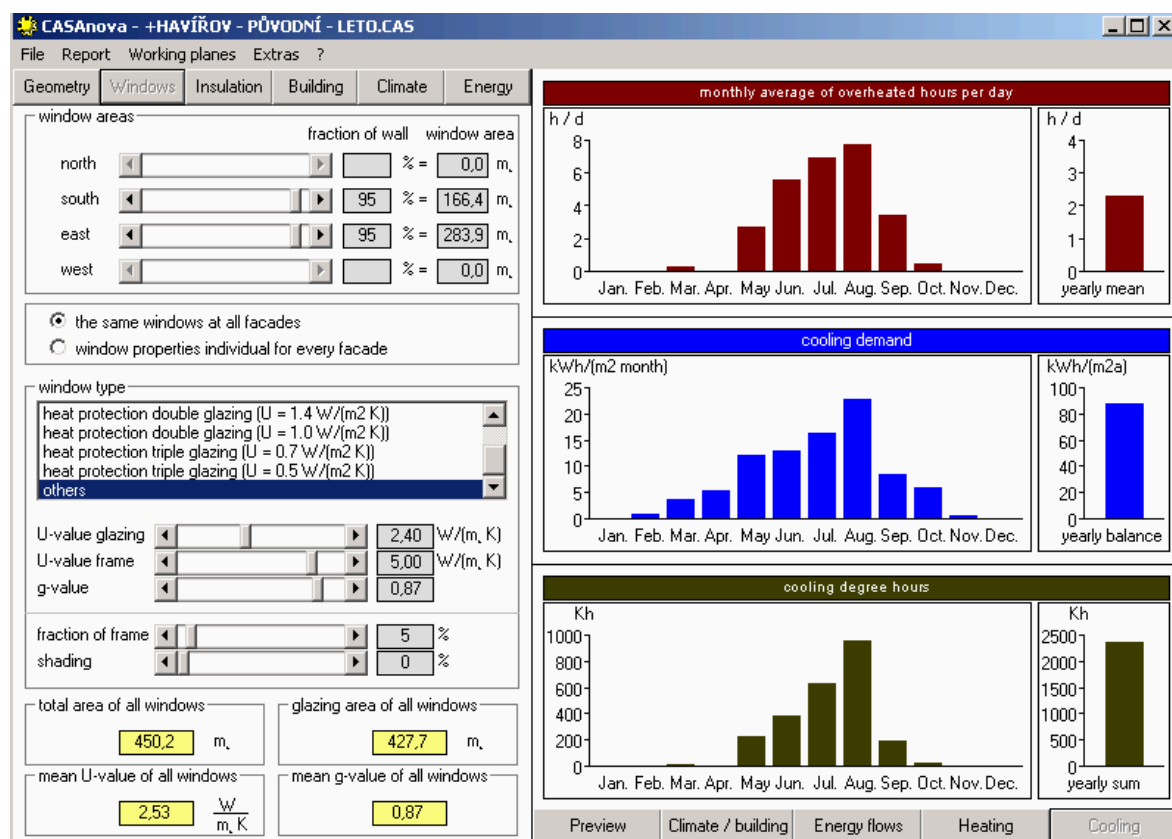
### 13. Simulace spotřeby energií a vnitřního mikroklimatu bazénové haly

Modelová simulace slouží ke konkrétní představě chování posuzované bazénové haly v průběhu roku. Dává určitou představu o spotřebách energií na vytápění, případné chlazení a o chování vnitřního mikroklimatu, především v letních měsících. Tato data nás informují o možnostech přijetí dílčích opatření, která by vedla ke snížení spotřeby energií a stabilizovala vnitřní prostředí na přijatelných podmínkách. Proto pro účel simulace byla vybrána bazénová hala Havířov. Příčiny byly tyto:

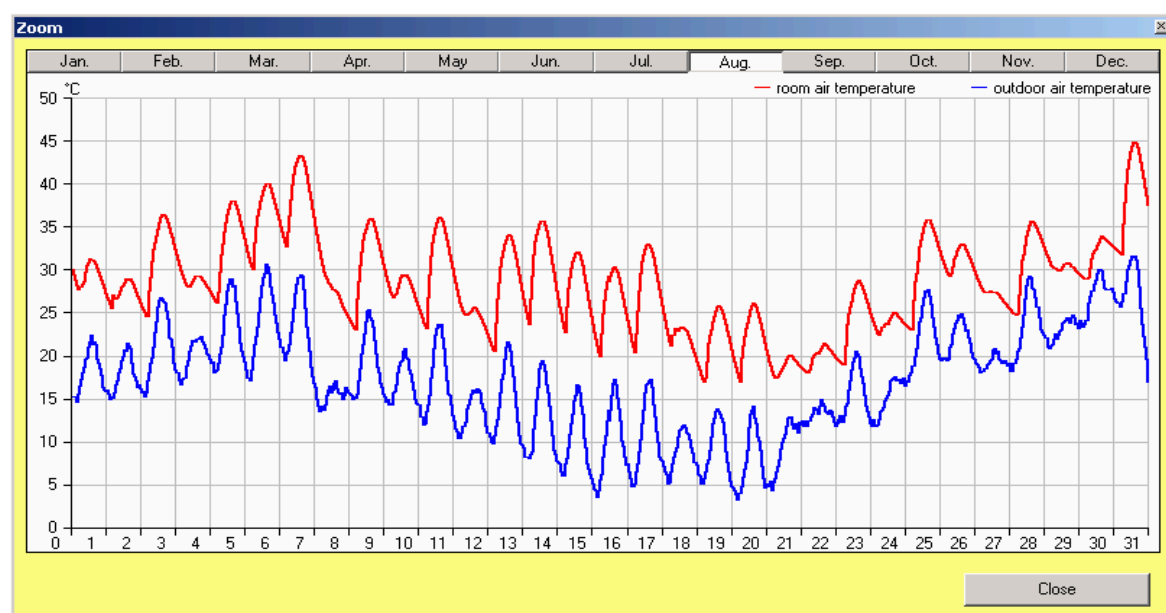
- velké prosklení obvodového pláště (50% z celkové plochy);
- nejhorší stabilita vnitřního prostředí, viz. graf 5;
- nejvyšší rozdíl mezi  $U_{em,N}$  a  $U_{em}$ ;
- nejvyšší měrná spotřeba energie budovy  $EP_A$  (v původním i navrženém stavu).

Použitý simulační program CASAnova 3.3 vychází svým původním zpracováním z normy *EN 832/2000 Thermal performance of buildings* a jejím následným nahrazení normou *EN ISO 13790/2008 Energy performance of buildings* [24], [25], [26]. Software je vhodný zejména pro řešení budov pravidelných geometrických tvarů, které je možno kalkulovat jako jednu zónu. Jednozónový případ lze tedy uplatnit i na simulaci bazénové haly, která splňuje kritéria výpočetního programu a normy. K výpočtu vnitřního mikroklimatu je využito tzv. jednozónového dynamického tepelného modelu.

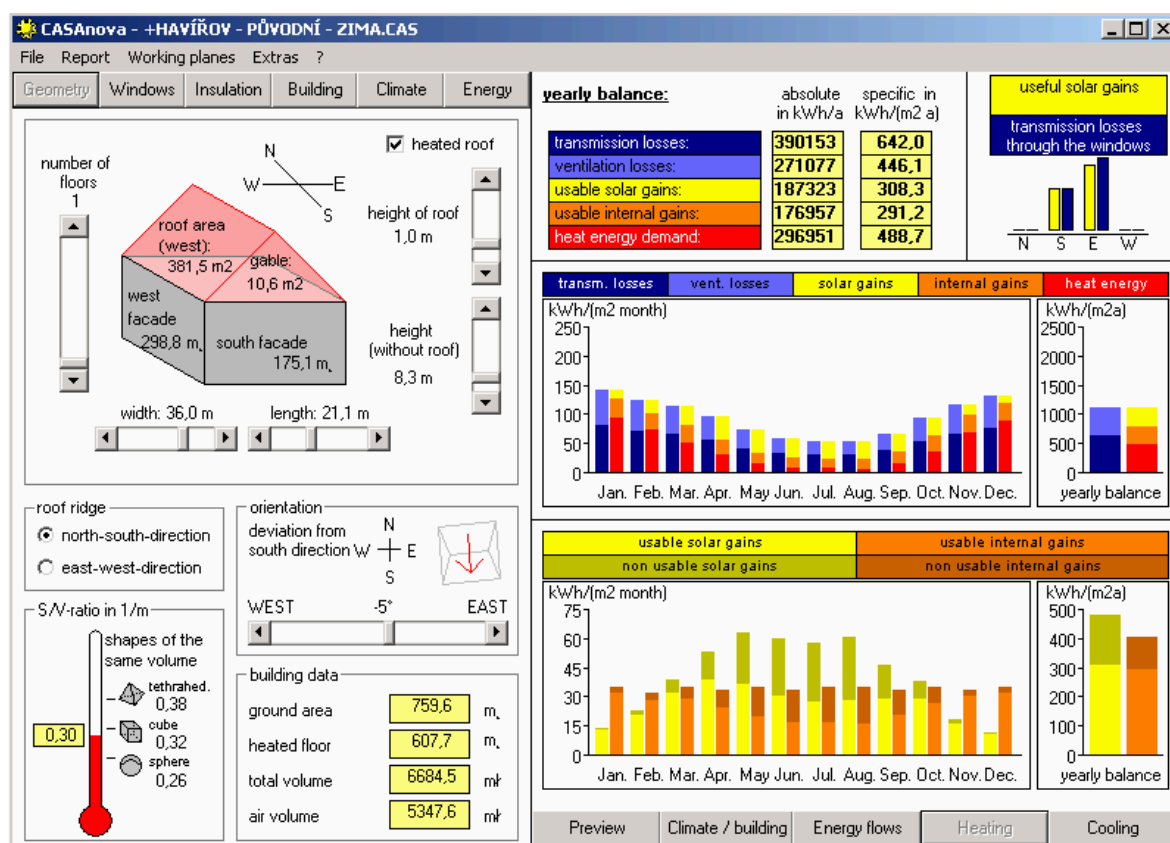
Simulace byla provedena nejprve pro původní (současný) stav stavebních konstrukcí, vnitřního podmínek, tepelné zátěže a zdroje energie k vytápění. Poté následovala varianta s navrženými úpravami, tak jak je řeší tato práce. Tyto varianty byly pro lepší představu rozděleny navíc na letní a zimní období, viz. výstupy dále.



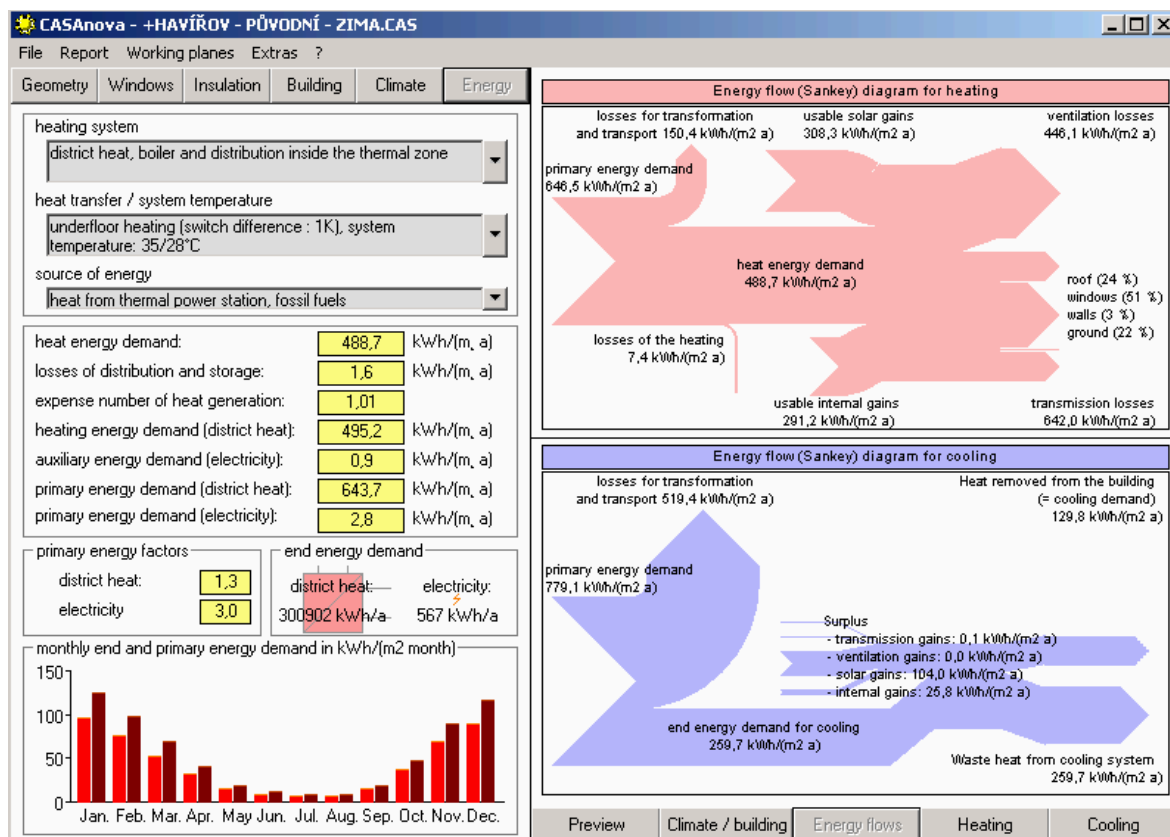
Obrázek 28: Potřeba energie na chlazení bazénové haly v průběhu roku (původní stav)



Obrázek 29: Průběh teplot v bazénové hale v letním období (původní stav)

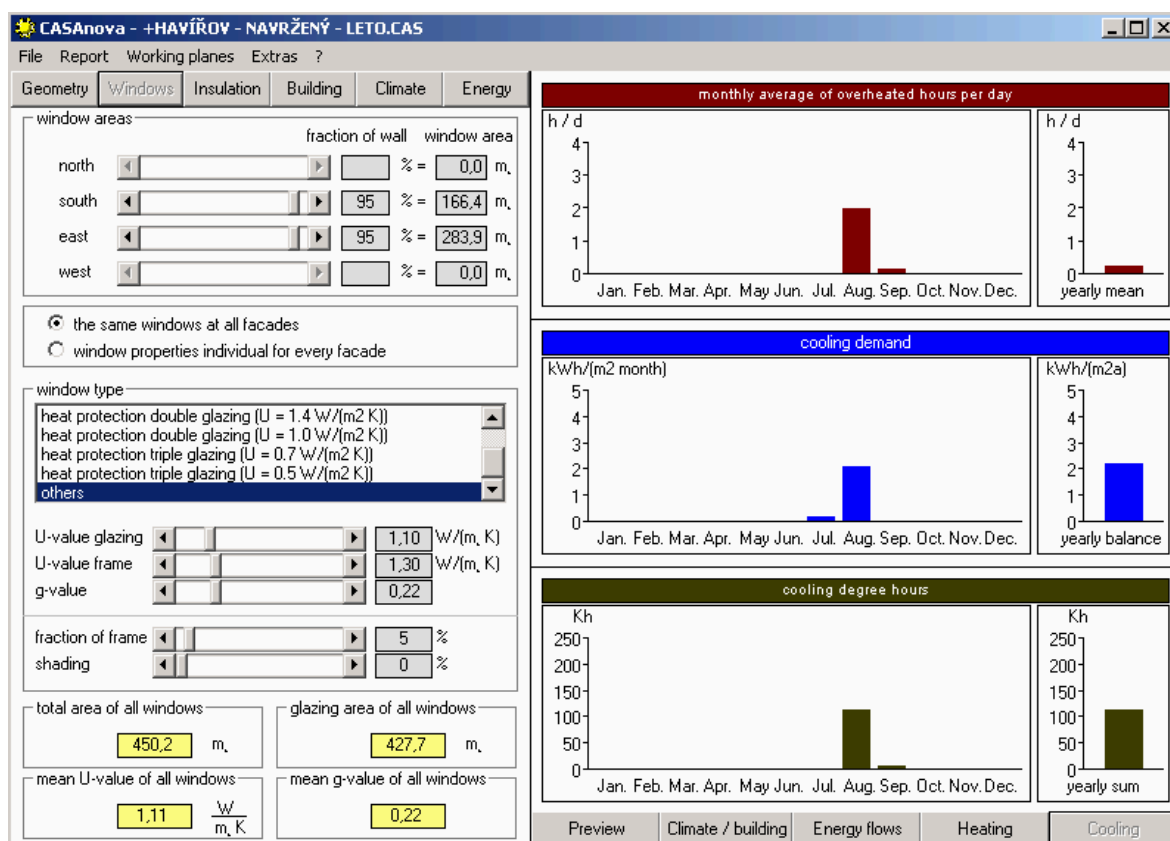


Obrázek 30: Geometrie prostoru a roční balance jednotlivých měrných energií (původní stav)

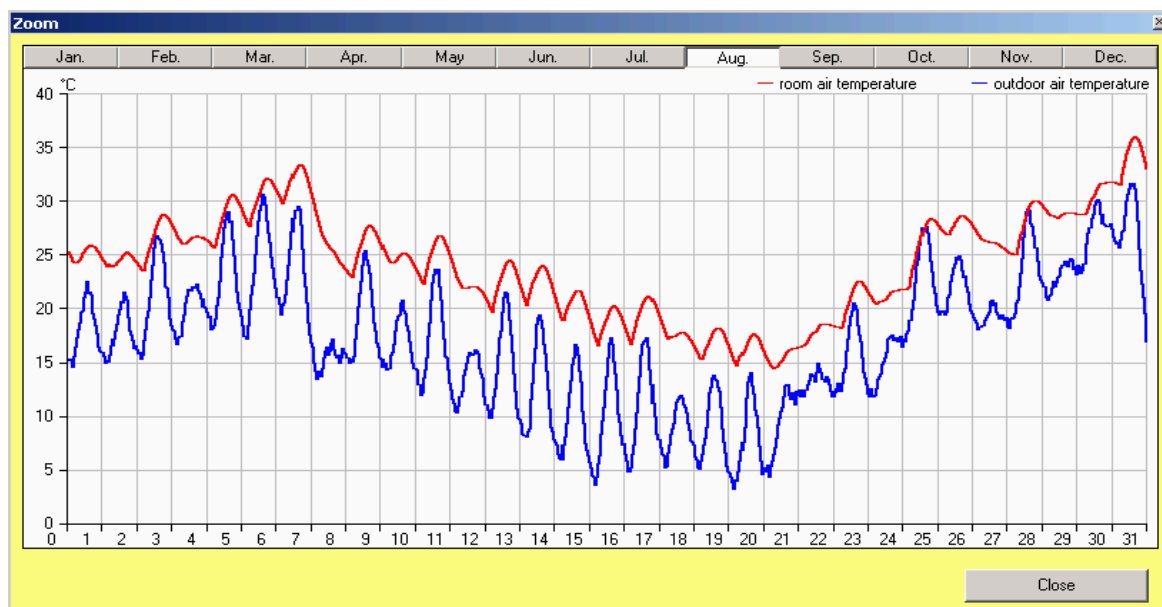


Obrázek 31: Přehled potřeby a toku energie k vytápění bazénové haly (vpravo nahoře, původní stav)

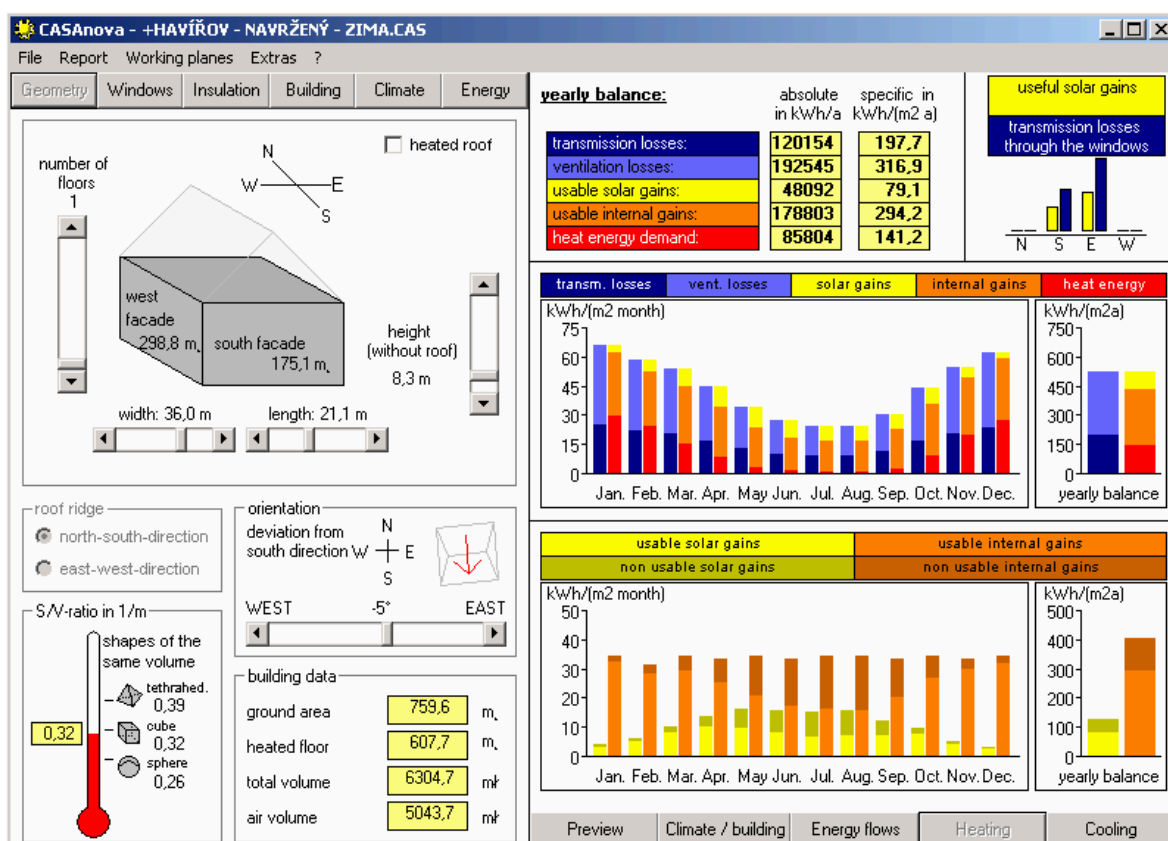




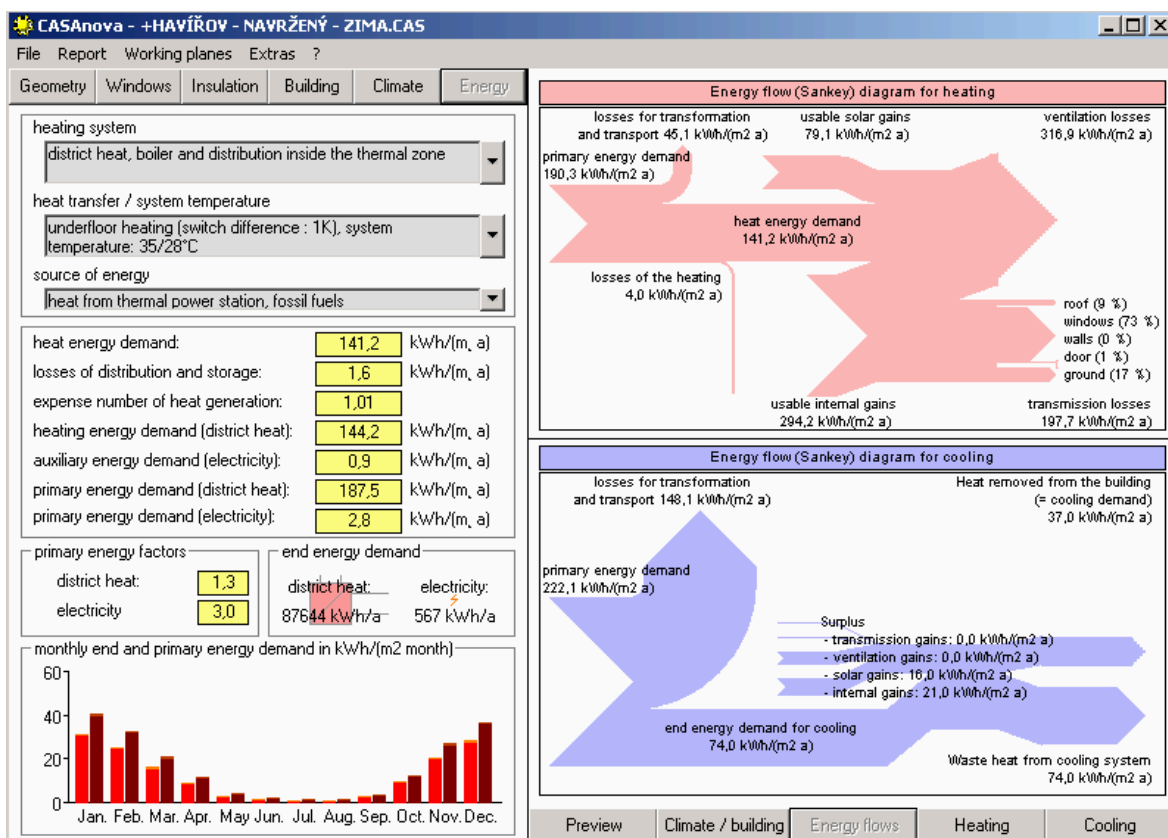
Obrázek 32: Potřeba energie na chlazení bazénové haly v průběhu roku (navržený stav)



Obrázek 33: Průběh teplot v bazénové hale v letním období (navržený stav)



Obrázek 34: Geometrie prostoru a roční bilance jednotlivých měrných energií (navržený stav)



Obrázek 35: Přehled potřeby a toku energie k vytápění bazénové haly (vlevo nahoře, navržený stav)

Z uvedené simulace je zřejmý výrazný pokles vnitřních teplot v bazénové hale v letních měsících, což souviselo s přehříváním prostoru nad normové požadavky [20]. Došlo tak k eliminaci enormních teplotních výkyvů, jenž silně kopírovaly teplotu venkovního prostředí (obrázky 29, 33). I přes přijatá opatření nelze zcela tyto teplotní špičky odstranit, jsou zapříčiněny rozsáhlým prosklením obvodového pláště. Tento jev se nepříjemně promítá i do hypotetické potřeby energie na chlazení bazénové haly (obrázky 28, 32).

Pro zimní období je po navržených úpravách zřejmý pokles potřeby energie na vytápění (obrázky 31, 35 - zobrazeno růžovým tokem). Celkové roční bilance jednotlivých energií podílejících se na vytápění a tepelných ztrátách bazénové haly jsou patrné z obrázků 30, 34. Pokles energie na vytápění klesl ze 488,7 kWh/m<sup>2</sup>.a na 141,2 kWh/m<sup>2</sup>.a. Je tedy možno konstatovat, že tyto hodnoty se blíží hodnotám, jenž byly vypočteny programem Energie 2009 pro bazénovou halu v Havířově. Uvedená simulace vnitřního prostoru bazénové haly tedy odpovídá skutečnosti. Výsledky simulace byly konfrontovány s provozovatelem, ten je potvrdil a dodal, že v letních měsících se prostředí v bazénové hale blíží zcela nevyhovujícímu klimatu (teploty vnitřního vzduchu dosahují až 40 °C).

## **14. Vyhodnocení výsledků práce**

V předkládané práci bylo dosaženo následujících výsledků, a to dle na počátku vytýčených cílů. Byly dle stanovených kritérií vybrány tři bazénové objekty. V těchto objektech se práce zaměřuje přímo na bazénové haly jako na jejich energeticky nejnáročnější součást. U bazénových hal byla provedena analýza jejich současného stavu z hlediska tepelně technických vlastností konstrukcí, technologie zajišťující vytápění, větrání a přípravu teplé vody. Práce se též zabývala vnitřním mikroklimatem řešených bazénových hal.

- **Bazénová hala Ostrava-Vítek**

Bazénová hala Ostrava-Vítek nesplňuje současně platné legislativní předpisy, jenž stanovují tepelně technické vlastnosti konstrukcí dle [19]. Toto bylo prokázáno výpočty (viz. příloha 2, kap. 5.2).

Proto byla přijatá opatření a učiněn návrh vedoucí ke zlepšení tepelně technických vlastností jednotlivých konstrukcí. Tento návrh byl opět posouzen dle [19], vyhověly

všechny konstrukce, vyjma obvodové zdi, zdi od tělocvičny a zdi od zázemí. Požadavky nebylo možno splnit z důvodů způsobu užívání sousedních místností a náročných klimatických podmínek. (viz. kap. 5.3.1). Objem vytápěného prostoru v bazénové hale byl snížen stropní konstrukcí, která byla pro provedení navržena v úrovni současného podhledu.

Při pokusném posouzení haly na požadavek průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,N}$ , dle [19] tento pro původní stav splněn nebyl (viz. tabulka 4). Naopak se jej podařilo splnit pro stav navržený. Příčinou jsou navržené konstrukce s lepšími parametry a snížení objemu vytápěného prostoru. U haly v původním i navrženém stavu byl vypočítán tepelný výkon (tepelná ztráta) pro vytápění objektu (viz. příloha 5, kap. 6.5).

Se změnou tepelně technických vlastností obalových konstrukcí bazénové haly se změnila i vnitřní zátěžové klimatické podmínky, především pro letní období (viz. kap. 7.11). Bylo přistoupeno k návrhu aktivních stínících prostředků, které snížily podíl tepelné zátěže od sluneční radiace (viz. příloha 11, 12).

Návrh větrání, jenž byl proveden pro celkovou tepelnou bilanci v letním období ukázal, že bazénová hala se v původním stavu nachází na hranici možnosti větrání venkovním vzduchem a je energeticky náročná. V navrženém stavu je výpočet vyhovující (viz. kap. 8.1, příloha 17, 18). Pro zimní období byl proveden návrh pro původní a navržený stav. Při navrženém stavu klesla potřeba energie na teplovzdušné vytápění cca o 74,13% (viz. kap. 8.2).

Ohřev bazénové vody byl v původním stavu zajištěn pouze systémem CZT. Pro navržený stav bylo použito plochých solárních kolektorů. Solární pokrytí odpovídá 56,4% (viz. kap. 9.3 a příloha 8).

Hala byla hodnocena, v původním i navrženém stavu, na její celkovou energetickou náročnost (ENB) dle [35] výpočtovým programem Energie 2009. Byly hodnoceny kategorie vytápění, větrání, příprava teplé vody a osvětlení. Objekt nevyhověl dle požadavků [35] na měrnou spotřebu energie  $EP_{A,reg} = 145 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ . Vypočtená hodnota celkové náročnosti budovy vztahující se na bazénovou halu, jako jednu zónu, byla  $EPA = 190 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ , kategorie D - nevyhovující (viz. kap. 11.2, tabulka 10, příloha 19, 20).

Výsledky předchozích jednotlivých výpočtů potřeby tepla na vytápění, větrání (pro letní i zimní období) a přípravu teplé vody byly porovnány s výsledky výstupu z programu Energie 2009. Zde dochází k částečným odlišnostem, které pramení použitím tzv. bilančního hodnocení budov programem Energie 2009 dle [35]. Zde se uvažuje s předpokladem, že objekt (řešená zóna) je užíván standardizovaným způsobem. Ten však nezahrnuje, a ani nemůže postihnout, případné individuální chování provozu řešeného objektu (zóny) způsobené uživatelem. Přesto lze tyto výsledky přijmout za správné (viz. kap. 11.3).

Vypočtené a vzájemně porovnané výsledky potřeb energií byly dále porovnány se skutečnou spotřebou odečtenou na měřidle. Tato odečtená spotřeba však platí pouze pro celý bazénový komplex. Podíl bazénové haly na celkové energetické potřebě celého komplexu byl vypočten prostým poměrem reálných (celkových) a vypočtených (pouze pro halu) spotřeb (viz. kap. 12). Ačkoliv bylo dosaženo hodnoty 130,65%, je toto zapříčiněno rozdílným využíváním bazénu od stanovených normových hodnot (objekt je provozován s nižší teplotou vnitřního vzduchu než  $\theta_i = 28^\circ\text{C}$  a často i nižší teplotou bazénové vody  $\theta_w = 27^\circ\text{C}$ , jak bylo v průběhu této práce kalkulováno) a občasnou odstávkou bazénu v době prázdnin. Reálně je tedy podíl velmi vysoký.

Při navržených opatřeních, která byla zpracována a kalkulována v této práci lze konstatovat, že celková energetická úspora oproti původnímu (současnému stavu) v řešených směrech se pohybuje na 75,07%, což činí 1762,84 GJ, tedy 679153,- Kč (kap. 11.2, tabulka 10).

- **Bazénová hala Havířov**

Bazénová hala Havířov nesplňuje současně platné legislativní předpisy, jenž stanovují tepelně technické vlastnosti konstrukcí dle [19]. Toto bylo prokázáno výpočty (viz. příloha 3, kap. 5.2).

Proto byla přijata opatření a učiněn návrh vedoucí ke zlepšení tepelně technických vlastností jednotlivých konstrukcí. Tento návrh byl opět posouzen dle [19], vyhověly všechny konstrukce, vyjma zdi od tělocvičny. Požadavky nebylo možno splnit z důvodů způsobu užívání sousedních místností a náročných klimatických podmínek. (viz. kap. 5.3.2).

Při pokusném posouzení haly na požadavek průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,N}$ , dle [19] tento nebyl splněn (viz. tabulka 4). A nebylo jej dosaženo ani s novými

konstrukcemi. Příčinou je velkoplošná konstrukce zdi od tělocvičny, u které se nepodařilo splnit tepelně technické požadavky. Druhou konstrukcí, která celkový výsledek ovlivnila prosklená stěna obvodového pláště, to v důsledku negativně ovlivnilo výsledek. U haly v původním i navrženém stavu byl vypočítán tepelný výkon (tepelná ztráta) pro vytápění objektu (viz. příloha 5, kap. 6.5).

Se změnou tepelně technických vlastností obalových konstrukcí bazénové haly se změnily i vnitřní zátěžové klimatické podmínky, především pro letní období (viz. kap. 7.11). Bylo přistoupeno k návrhu aktivních stínících prostředků, které snížily podíl tepelné zátěže od sluneční radiace (viz. příloha 13, 14). Tepelná zátěž u bazénové Haly Havířov je zcela nejvyšší, příčinou je opět prosklená stěna tvořící obvodový plášť bazénové haly.

Návrh větrání, jenž byl proveden pro celkovou tepelnou bilanci v letním období ukázal, že bazénová hala se v původním stavu nachází daleko za hranici možnosti větrání venkovním vzduchem a je v tomto směru enormně energeticky náročná. V navrženém stavu s novými tepelně technickými vlastnostmi a s použitými stínícími prostředky je výpočet vyhovující (viz. kap. 8.1, příloha 17, 18). Pro zimní období byl proveden návrh pro původní a navržený stav. Při navrženém stavu klesla potřeba energie na teplovzdušné vytápění cca o 63,92% (viz. kap. 8.2).

Ohřev bazénové vody byl v původním stavu zajištěn pouze systémem CZT. Pro navržený stav bylo použito plochých solárních kolektorů. Solární pokrytí odpovídá 56,6% (viz. kap. 9.3 a příloha 8).

Hala byla hodnocena, v původním i navrženém stavu, na její celkovou energetickou náročnost (ENB) dle [35] výpočtovým programem Energie 2009. Byly hodnoceny kategorie vytápění, větrání, příprava teplé vody a osvětlení. Objekt nevyhověl dle požadavků [35] na měrnou spotřebu energie  $EP_{A,reg} = 145 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ . Vypočtená hodnota celkové náročnosti budovy vztahující se na bazénovou halu, jako jednu zónu, byla  $EPA = 257 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ , kategorie F – velmi nevhodná (viz. kap. 11.2, tabulka 10, příloha 21, 22). Příčinou je opět skleněná stěna mající horší tepelně technické vlastnosti, než ostatní konstrukce tvořící obálku bazénové haly.

Výsledky předchozích jednotlivých výpočtů potřeby tepla na vytápění, větrání (pro letní i zimní období) a přípravu teplé vody byly porovnány s výsledky výstupu z programu Energie 2009. Zde dochází k částečným odlišnostem, které pramení použitím tzv. bilančního hodnocení budov programem Energie 2009 dle [35]. Zde se uvažuje

Ostrava 2011 \_\_\_\_\_ 86

s předpokladem, že objekt (řešená zóna) je užíván standardizovaným způsobem. Ten však nezahrnuje, a ani nemůže postihnout, případné individuální chování provozu řešeného objektu (zóny) způsobené uživatelem. Přesto lze tyto výsledky přijmout za správné (viz. kap. 11.3).

Vypočtené a vzájemně porovnané výsledky potřeb energií byly dále porovnány se skutečnou spotřebou odečtenou na měřidle. Tato odečtená spotřeba však platí pouze pro celý bazénový komplex spojený s tělocvičnou. Podíl bazénové haly na celkové energetické potřebě celého komplexu byl vypočten prostým poměrem reálných (celkových) a vypočtených (pouze pro halu) spotřeb (viz. kap. 12.). Reálný odhad činí tedy cca. 74,66% spotřeby všech kalkulovaných energií.

Bazénová hala Havířov byla vzhledem ke svým kolísajícím mikroklimatickým parametrům vybrána jako vhodná k simulaci vnitřního prostředí. Výsledky simulace pro halu v původním stavu znázorňují extrémní přehřívání vnitřního prostoru v průběhu letních měsíců, které nevyhovuje [19]. Dále znázorňuje potřebu tepla pro vytápění a větrání dle [24]. Je rozlišen stav původní (pro letní období), navržený (pro letní období), původní (pro zimní období) a navržený pro (zimní období). Hodnotové výstupy přibližně odpovídají hodnotám vypočteným dle [35] (viz. kap. 13.).

Při navržených opatřeních, která byla zpracována a kalkulována v této práci lze konstatovat, že celková energetická úspora oproti původnímu (současnému stavu) v řešených směrech se pohybuje na 69,27%, což činí 1536,78GJ, tedy 542128,- Kč (kap. 11.2, tabulka 10).

- **Bazénová hala Orlová**

Objekt krytého bazénu byl v roce 2006 celkově sanován (platnost ČSN 73 0540-2 (2002)). Avšak bazénová hala Orlová nesplňuje částečně současně platné legislativní předpisy, jenž stanovují tepelně technické vlastnosti konstrukcí dle [19]. Toto bylo prokázáno výpočty (viz. příloha 3, kap. 5.2).

Proto byla přijatá opatření a učiněn návrh vedoucí ke zlepšení tepelně technických vlastností nevyhovujících jednotlivých konstrukcí. Konstrukce které vyhověly, tak byly pouze zkontrolovány. Tento návrh byl opět posouzen dle [19], vyhověly všechny konstrukce, vyjma vnitřní dělicí zdi, jenž dělí bazénovou halu a sprchy. Požadavky nebylo možno splnit z důvodů způsobu užívání sousedních místností a náročných klimatických podmínek. (viz. kap. 5.3.3).

Při pokusném posouzení haly na požadavek průměrného součinitele prostupu tepla  $U_{em,N}$ , dle [19] tento pro původní stav splněn nebyl (viz. tabulka 4). Nepodařilo se jej splnit ani pro stav navržený. Příčinou jsou původní navržené konstrukce, které sice splňují současná kritéria dle [19], ale pohybují se vesměs na jejich mezních hodnotách, protože byly navrženy dle předchozí varianty ČSN 73 0540-2 (2002). U haly v původním i navrženém stavu byl vypočítán tepelný výkon (tepelná ztráta) pro vytápění objektu (viz. příloha 7, kap. 6.5).

Se částečnou změnou tepelně technických vlastností vybraných obalových konstrukcí bazénové haly se změnily i vnitřní zátěžové klimatické podmínky, především pro letní období (viz. kap. 7.11). Bylo přistoupeno taktéž k návrhu aktivních stínících prostředků, které snížily podíl tepelné zátěže od sluneční radiace (viz. příloha 15, 16).

Návrh větrání, jenž byl proveden pro celkovou tepelnou bilanci v letním období ukázal, že bazénová hala je z hlediska tepelné zátěže konstruována správně, tomu odpovídá i nutnost nízké intenzity větrání (kap. 8.1). V navrženém stavu je potřeba větrání ještě dále snížena (viz. kap. 8.1, příloha 17, 18). Pro zimní období byl proveden návrh pro původní a navržený stav. Při navrženém stavu klesla potřeba energie na teplovzdušné vytápění cca o 54,86% (viz. kap. 8.2).

Ohřev bazénové vody byl v původním stavu zajištěn pouze systémem CZT. Pro navržený stav bylo použito plochých solárních kolektorů. Solární pokrytí odpovídá 56,9% (viz. kap. 9.3 a příloha 8).

Hala byla hodnocena, v původním i navrženém stavu, na její celkovou energetickou náročnost (ENB) dle [35] výpočtovým programem Energie 2009. Byly hodnoceny kategorie vytápění, větrání, příprava teplé vody a osvětlení. Objekt nevyhověl dle požadavků [35] na měrnou spotřebu energie  $EP_{A,reg} = 145 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ . Vypočtená hodnota celkové náročnosti budovy vztahující se na bazénovou halu, jako jednu zónu, byla  $EPA = 188 \text{ kWh/m}^2\cdot\text{a}$ , kategorie D - nevyhovující (viz. kap. 11.2, tabulka 10, příloha 23, 24). Objekt jako jediný disponuje kogenerační jednotkou, jenž přispívá k příznivému snížení hodnoty  $EP_A$  (viz. kap. 11.2).

Výsledky předchozích jednotlivých výpočtů potřeby tepla na vytápění, větrání (pro letní i zimní období) a přípravu teplé vody byly porovnány s výsledky výstupu z programu Energie 2009. Zde dochází k částečným odlišnostem, které pramení použitím tzv. bilančního hodnocení budov programem Energie 2009 dle [35]. Zde se uvažuje



s předpokladem, že objekt (řešená zóna) je užíván standardizovaným způsobem. Ten však nezahrnuje, a ani nemůže postihnout, případné individuální chování provozu řešeného objektu (zóny) způsobené uživatelem. Přesto lze tyto výsledky přijmout za správné (viz. kap. 11.3).

Vypočtené a vzájemně porovnané výsledky potřeb energií byly dále porovnány se skutečnou spotřebou odečtenou na měřidle. Tato odečtená spotřeba však platí pouze pro celý bazénový komplex. Podíl bazénové haly na celkové energetické potřebě celého komplexu byl vypočten prostým poměrem reálných (celkových) a vypočtených (pouze pro halu) spotřeb (viz. kap. 12). U objektu bylo dosaženo 44,32% podílu. Tento nízký podíl je též zapříčiněn rozdílným užíváním bazénu, než bylo kalkulováno. Jedná se především o zvýšenou teplotu vnitřního vzduchu v bazénové hale  $\theta_i > 28^\circ\text{C}$ , vyšší teplotu bazénové vody  $\theta_w > 27^\circ\text{C}$  a pravděpodobně na vyšší spotřebě vody pro bazén, viz. tabulka 1 (kap. 12.)

Při navržených opatřeních, která byla zpracována a kalkulována v této práci lze konstatovat, že celková roční energetická úspora oproti původnímu stavu (současnému) v řešených směrech se pohybuje na 54,25%, což činí 699,01GJ, tedy 113610,- Kč (kap. 11.2, tabulka 10), vzhledem k roku 2010.

- **Všeobecná doporučení**

- při návrzích nebo sanacích obdobných objektů navrhovat obalové energeticky náročných zón objektů konstrukce minimálně dle doporučených hodnot uvedených v [19] a kap. 5.1;
- dbát na optimální prosklení střešního a obvodového pláště, které je vhodné chránit vnějšími stínícími prostředky;
- nenavrhovat příliš vysoké stropy a podhledy;
- efektivně využívat vnitřní tepelné zisky (především v následujících desetiletích, kdy se předpokládá s dalším zpřísněním tepelně technických požadavků);
- s tím úzce souvisí i následná optimalizace vytápěcí a větrací soustavy;
- u vzduchotechnických jednotek využívat v maximální povolené míře cirkulaci vzduchu a systém rekuperace tepla;
- využití kogeneračních jednotek (objekty čím dál méně potřebují teplo k vytápění, ale podíl elektrické energie na automatizovanou obsluhu se stále zvyšuje);
- využití dalších nejrozumnějších obnovitelných zdrojů energie (pro bazénová zařízení především fototermiky pro ohřev nejen bazénové vody);
- důsledná a pravidelná kontrola všech zařízení podílejících se na celkové spotřebě energie (facility management).

## **15. Závěr**

Cílem práce bylo zmapování a technická analýza tří vybraných bazénových hal s následným návrhem optimalizace tepelně technických vlastností jednotlivých konstrukcí objektu, vytápěcí a větrací soustavy včetně zefektivnění ohřevu bazénové vody, jenž povedou ke snížení energetické náročnosti.

Ne vždy a za všech podmínek lze splnit přísné požadavky současně platných legislativních předpisů (viz. tabulka 10). Přesto se podařilo vhodným návrhem značnou měrou zredukovat potřebu energie na provoz bazénových hal. Tato redukce se pohybuje v rozmezí 54 – 70% oproti původní spotřebě energií. Jsou samozřejmě i další možná řešení, jenž by vedla k dalšímu nárůstu úspor. Nicméně provedenými úpravami je možno posoudit snížení finanční náročnosti provozu bazénových objektů, což má též za úkol možnost efektivního rozhodování při uvažovaných budoucích sanacích.

Práce si dále kladla za úkol osvětlit na uvedených objektech pohled na problematiku návrhu bazénových hal a předejít tak nevhodným návrhům, které zbytečně zvyšují energetickou náročnost samotné budovy. Tyto problémy jsou v praxi velmi běžné. Některé prvky práce, především otázku mikroklimatu a tepelné zátěže, je možno aplikovat např. i na budovy charakteru občanské vybavenosti, na jejichž moderním vzhledu se často výraznou měrou podílí právě architektonicky oblíbené užití skla.

## **16. Doporučení dalšího postupu ve výzkumu**

Další rozvoj této problematiky navazuje opět na hledisko tepelně technické. S tím úzce související opatření na straně technologické ve smyslu vytápění, větrání a přípravy teplé vody. Jelikož se tepelně technické požadavky budou nadále zpříšňovat, je zde reálný předpoklad, že v budoucích letech bude potřeba řešit problematiku, jak efektivně naložit s přebytečnými tepelnými zisky, které v těchto objektech pochází vesměs z vodní hladiny. Tento nezanedbatelný energetický přebytek bude vznikat i v zimním období a zajistí tak sám pokrytí tepelného výkonu (ztráty) bazénové haly. Bude tak nadále potřeba jej vhodně energeticky využít.

## 17. Seznam použité literatury

### 17.1 Odborné publikace, monografie, skripta

- [1] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kolektiv. *Větrání a klimatizace* Brno : Bolit, 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [2] KRIŠ, J. *Bazény a koupaliště* Bratislava : Jaga, 2000. 195 s. ISBN 80-88905-30-3.
- [3] LEISLER, L., SCHLEGER, E., ŠTĚTINA, D. *Bazény a koupaliště – Principy využití sluneční energie* Praha : ČVUT, 2003. 84 s. ISBN 80-01-02702-3.
- [4] SKLENÁŘ, J. *Balneotechnika – I* Praha : ČVUT, 1987. 166 s.
- [5] VAVERKA, J. *Stavební tepelná technika budov* Brno : VUTUM, 2006. 648 s. ISBN 80-214-2910-0.
- [6] MATUŠKA, T. *Solární tepelné soustavy* Praha : STP, 2009. 194 s. ISBN 978-80-02-02186-5.
- [7] CENTNEROVÁ, L., PAPEŽ, K. *Technická zařízení budov – Vzduchotechnika*. Praha : ČVUT, 2003. 107 s. ISBN 80-01-02251-X.
- [8] VALENTA, V. a kolektiv. *Topenářská příručka 3*. Praha : ČSTZ, s.r.o., 2007. 378 s. ISBN 978-80-86028-13-2.
- [9] LÁTAL, M., SVOBODA, F. *Komplexní projekt ZI – vodárenství a balneotechnika*. Brno : VUT Brno, 1990. 93 s. ISBN 80-214-0242-3.
- [10] REMMERS, K.H. *Velká solární zařízení*. Brno : ERA group, s.r.o. 2007. 315 s. ISBN 978-80-7366-110-6.
- [11] BURIAN, J. *Římské impérium – vrchol a proměny antické civilizace*. Praha : Svoboda – Liberta. 1994. 197 s. ISBN 80-205-0391-9.

### 17.2 Články, firemní literatura, internetové portály

- [12] NOVÁČEK, J. *Navrhování střech bazénových hal* Praha : Atelier DEK, 01/2007. 4.-15. s. ISSN 1802-4009.
- [13] <http://www.tzb-info.cz/> [online]. Česká republika : 2011 [cit. 2011-03-28]. <http://www.tzb-info.cz/>. Dostupné z WWW: <http://www.tzb-info.cz/>
- [14] <http://www.karlovy-vary.cz/> [online]. Česká republika : 2010 [cit. 2010-08-28]. <http://www.karlovy-vary.cz/>. Dostupné z WWW: <http://www.karlovy-vary.cz/>
- [15] <http://www.crg.cz/> [online]. Česká republika : 2010 [cit. 2004-10-18]. <http://www.crg.cz/>. Dostupné z WWW: <<http://www.crg.cz/>>
- [16] <http://www.lazne.jesenik.biz/> [online]. Česká republika : 2010 [cit. 2010-08-28]. <http://www.lazne.jesenik.biz/>. Dostupné z WWW: <http://www.lazne.jesenik.biz.cz/>

- [17] <http://www.lllenka.wz.cz/> [online]. Česká republika : 2010 [cit. 2010-08-28]. <http://www.lllenka.wz.cz/>. Dostupné z WWW: <http://www.lllenka.wz.cz/>
- [18] Technické firemní podklady Viessmann, spol. s r.o.

### 17.3 Normy

- [19] ČSN 73 0540-2 : 2007. *Tepelná ochrana budov, Část 2 – Požadavky*. Praha : Český normalizační institut, 2004. 44 s.
- [20] ČSN 73 0540-3 : 2005. *Tepelná ochrana budov, Část 3 - Návrhové hodnoty veličin*. Praha : Český normalizační institut, 2004. 96 s.
- [21] ČSN 73 0540-4 : 2005. *Tepelná ochrana budov, Část 4 - Výpočtové metody*. Praha : Český normalizační institut, 2004. 63 s.
- [22] ČSN EN 12831 : 2005. *Tepelné soustavy v budovách – Výpočet tepelného výkonu*. Praha : Český normalizační institut, 2004. 73 s.
- [23] ČSN 73 0548 : 1985. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha : Český normalizační institut, 1985. 32 s.
- [24] ČSN EN ISO 13790 : 2009. *Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha : Český normalizační institut, 2009. 139 s.
- [25] ČSN EN ISO 13789 : 2009. *Tepelné chování budov – Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním – Výpočtová metoda*. Praha : Český normalizační institut, 2009. 19 s.
- [26] ČSN EN 13465 : 2004. *Větrání budov – Výpočtové metody pro stanovení průtoku vzduchu v obydlených*. Praha : Český normalizační institut, 2004. 36 s.
- [27] ČSN EN 13779 : 2010. *Větrání nebytových budov - Základní požadavky na větrací a klimatizační systémy*. Praha : Český normalizační institut, 2010. 61 s.
- [28] ČSN EN 15217 : 2008. *Energetická náročnost budov – Metody pro vyjádření energetické náročnosti a pro energetickou certifikaci budov*. Praha : Český normalizační institut, 2008. 31 s.
- [29] ČSN EN 15240 : 2009. *Větrání budov - Energetická náročnost budov - Směrnice pro kontrolu klimatizačních systémů*. Praha : Český normalizační institut, 2009. 32 s.
- [30] ČSN EN 15239 : 2009. *Větrání budov - Energetická náročnost budov - Směrnice pro kontrolu větracích systémů*. Praha : Český normalizační institut, 2009. 39 s.
- [31] TNI 73 0302 : 2009. *Energetické hodnocení solárních tepelných soustav – Zjednodušený výpočtový postup*. Praha : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009. 13 s.

## 17.4 Zákony a vyhlášky

- [32] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES o energetické náročnosti budov (EPBD)
- [33] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/31/EU o energetické náročnosti budov (přepracování)
- [34] Vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch
- [35] Vyhláška č. 148/2007 Sb. o energetické náročnosti budov
- [36] Vyhláška č. 135/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch
- [37] Vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby
- [38] Zákon č. 17/1992 Sb. o životním prostředí
- [39] Zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší
- [40] Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu
- [41] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií
- [42] Zákon č. 177/2006 Sb., kterým se mění zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření s energií
- [43] Zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu
- [44] Archiv autora

## 17.5 Seznam použitých výpočtových programů

- [1] Svoboda, Z. *Energie 2009 pro Windows*. Výpočtový program pro PC
- [2] Svoboda, Z. *Teplo 2009 pro Windows*. Výpočtový program pro PC
- [3] Svoboda, Z. *Ztráty 2009 pro Windows*. Výpočtový program pro PC
- [4] Heidt, F. D. *CASAnova 3.3 pro Windows*. Výpočtový program pro PC
- [5] Vopálka, K. *QPRO – Tepelné zisky 3.01 pro Windows*. Výpočtový program pro PC
- [6] Microsoft Office, aplikace *Excel pro Windows*. Výpočtový program pro PC

## 18. Seznam vlastních publikací

- [1] ORAVEC, P., GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. Resumption of the Panel Building House Intent on Decrease of Emissions and Living Komfort. In *International ENHR conference Urban Dynamics and Housing Changee*. Istanbul : Istanbul Teknik Universitesi, 2010. Dostupné z WWW: <[http://enhr2010.com/fileadmin/templates/ENHR2010\\_papers\\_web/papers\\_web/W\\_S25/WS25\\_285\\_Oravec.pdf](http://enhr2010.com/fileadmin/templates/ENHR2010_papers_web/papers_web/W_S25/WS25_285_Oravec.pdf)>.
- [2] GALDA, Z. Technicko-provozní koncepce regenerovaných budov na industriálních plochách. In *Den tvůrčích činností Moravskoslezského kraje*. Ostrava : Ostravská univerzita, 2009. s. 50-54. ISBN 978-80-7368-673-4.
- [3] KUBEČKOVÁ SKULINOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z.: Stavebně energetická koncepce budov industriálních sídel. In *IDEAS 2009*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava FAST, 2009. s. 37-38. ISBN 978-80-248-2091-0.
- [4] KUBEČKOVÁ SKULINOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. Vícekriteriální rozhodování a využití budov industriálních ploch s ohledem na novou stavebně energetickou koncepci, díl 1. In *Symposium "Trwalosc Materialów i Konstrukcji"*. Opole : Politechnika Opolska, 2009. s. 11-16. ISBN 978-83-929942-1-3.
- [5] KUBEČKOVÁ SKULINOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. Vícekriteriální rozhodování a využití budov industriálních ploch s ohledem na novou stavebně energetickou koncepci, díl 2. In *Symposium "Trwalosc Materialów i Konstrukcji"*. Opole : Politechnika Opolska, 2009. s. 17-24. ISBN 978-83-929942-1-3.
- [6] KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. Project of Buildings's Renovation (not only) on the Ostrava Industrial Areas. In *2nd International Week ESTIG 2009*. Beja : Instituto Politécnico de Beja, 2009. s. 1-11.
- [7] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. Renovation of the Buildings on the industrial Areas. In *World sustainable building conference SB08 Melbourne*. Melbourne : ASN Events Pty Ltd., 2008. s. 2486-2491. [www.iisbe.org](http://www.iisbe.org), Dostupné z WWW: <<http://baufachinformation.de/aufsatz.jsp?ul=2010061000186>>. ISBN 978-0-646-50372-1.
- [8] KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. Energetická náročnost staveb. In *Poruchy a rekonstrukce 2008*, Ostrava : VŠB-TU Ostrava FAST, 2008. s. 25-29, ISBN 978-80-248-141886-3.
- [9] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. Pre-project Preparation of Revitalization of Buildings Situated in the Industrial Areas. In *International Interdisciplinary Technical Conference of Young Scientists INTERTECH 2008*, 1. vyd. Poznan: Wydawnictwo Politechniki Poznanskiej, 2008. s. 12-16, ISBN 978-83-92-6896-0-7.
- [10] GALDA, Z. Úpravy otopných soustav po stavebních rekonstrukcích objektů. In *Seminář Poruchy a rekonstrukce 2007*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava FAST, 2007. s.11-18, ISBN 978-80-248-1404-9.
- [11] GALDA, Z. Otopná soustava – prvky regulace a jejich celkový vliv, In *Seminář Cideas 13.12.2007 (Metody pro analýzu vybraných mimořádných účinků na konstrukce a zastavěné prostředí)*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava FAST, 2007. CD.

- [12] KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. Sanace stávajících objektů. In *Sborník Construmat*, Reviz. Ostrava : VŠB-TU FAST Ostrava, 19.09.–21.09.2007, s. 281-287 ISBN 978-80-248-1536-7.
- [13] GALDA, Z.. Varianty využití sluneční energie u regenerovaných objektů na územích se zvýšenou průmyslovou činností. In *9. odborná konference doktorského studia s mezinárodní účastí Juniorstav 2007*. Brno : CERM Brno, 2007. s. 73., CD. ISBN 978-80-214-3337-3.
- [14] SKULINOVÁ KUBEČKOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. Possible Future Use of Abandoned Buildings in Industrial Territories. In *Rozcniki inžynierii budowlanej, zeszyt 7, Katowice – Opole : Polska akademia nauk*, 2007. ISSN 1505-8425.
- [15] KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. Znovuobnovení funkce. In *Odborný časopis Fasády*, 9/ 2007, Ostrava : Mise, s. 46-48. ISSN 1214-4592.
- [16] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. Housing stock in the Czech Republic – Maintenance and modernization. In *International ENHR conference Sustainable Urban Areas*. Rotterdam : OTB Research Institute for Housing, Urban and Mobility Studies 25.06.-28.06.2007. Dostupné z WWW: <[http://www.enhr2007rotterdam.nl/documents/W07\\_paper\\_Galda\\_Kubenkova.pdf](http://www.enhr2007rotterdam.nl/documents/W07_paper_Galda_Kubenkova.pdf)>. ISBN 978-90-812015-1-3.
- [17] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K. Energetická bilance regenerované budovy. In *Mezinárodní konference Staticko-konstrukčné a stavebno-fyzikálne problémy stavebných konštrukcií, Štrbské pleso*. Košice : TUKE, 29.11.-1.12.2006. ISBN 80-8073-678-2.
- [18] KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. Problematika chátrajících budov na plochách se zvýšenou průmyslovou činností. In *Odborný seminář Poruchy a rekonstrukce 2006*. Ostrava : VŠB-TU FAST, 23.-24.11.2006. s. 29-41, ISBN 80-248-1157-X.
- [19] GALDA, Z., SKULINOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K. Problems with Services of the Panel Buildings in the Czech Republic. In *International ENHR conference Housing in an expanding Europe*. Ljubljana : Urbanistčni institut republike Slovenije, 2006. Dostupné z WWW: < <http://enhr2006-ljubljana.urs.si/>>.
- [20] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K., ORAVEC, P. Interaction of power engineering and living environment in the Czech Republic. In *International conference Topical Issues of Rational Use of Natural Resources*. Sankt Petersburg : Gornij Institut Sankt Petersburg, 2006. ISSN 0135-3500.
- [21] SKULINOVÁ KUBEČKOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. Komplexní stavebně energetická a technickoprovozní koncepce budov. In *Mezinárodní konference Poruchy a rekonstrukcie obvodových plášťov a trich*, Podbánské. Košice : TUKE, 2006, ISBN 80-232-0259-6.
- [22] GALDA, Z. Měření a regulace u otopných soustav. In *Odborný časopis Interiér 3/2006*. Ostrava : Mise, 2006. s. 34-35, ISSN 1214-4584.
- [23] SKULINOVÁ KUBEČKOVÁ, D., KUBENKOVÁ, K., GALDA, Z. Regenerace industriálních sídel. In *Nízkoenergetické stavění*. Praha : ABF, 2006. s. 26-28. ISBN 80-86905-26-28.

- [24] GALDA, Z., KUBENKOVÁ, K., KUBEČKOVÁ SKULINOVÁ, D. Konstrukce pro výstavbu a rekonstrukci budov s nízkoenergetickým standardem. In *Odborný časopis Stavební listy 11-12/2005*. Praha : ABF, 2005.s. 23-24. ISSN 1211-4790.
- [25] GALDA, Z. Postřehy z projektování krytých bazénů. In *Odborný časopis Interiér 4/2005*. Ostrava : Mise, 2005. s. 44-45. ISSN 1214-4584.
- [26] GALDA, Z. Rekonstrukce vytápění bytového domu. In *Odborný časopis Interiér 3/2005*. Ostrava : Mise, 2005, s. 38-39. ISSN 1214-4584.
- [27] GALDA, Z. Bazén jako součást lidského obydlí. In *Mezinárodní konference kateder a ústavů pozemního stavitelství*. Ostrava : VŠB-TU FAST 2004, s. 72-78. ISBN 80-248-0648-7.
- [28] GALDA, Z. Úprava a dezinfekce vody ve veřejných krytých koupalištích. In *Odborná konference doktorského studia s mezinárodní účastí Juniorstav*. Brno : VUT Brno, s. 109, CD. ISBN 80-214-2560-1.



## 19. Seznam obrázků

Obrázek 1: Pohled na komplex Caracallových lázní, rok 245 n.l.	12
Obrázek 2: Dobový pohled na barrandovské terasy s plovárnou	14
Obrázek 3: Současné torzo	14
Obrázek 4: Vnitřní pohled na bazén Mestské plavárně krytého bazénu v Žilině	15
Obrázek 5: Celkový pohled na komplex Mestské plavárně krytého bazénu v Žilině	15
Obrázek 6: Pohled na špatně vyčištěný nerezový odtokový žlábek	19
Obrázek 7, 8: Pohledy na stropní konstrukci s kondenzací vody ve vnitřním plášti	20
Obrázek 9: Pohledy do bazénové haly s nepřístupnými pevnými vnitřními okny	20
Obrázek 10: Zrcadlící se úprava venkovního obvodového pláště	21
Obrázek 11: Sklad chemikálií v pochůzí zóně	22
Obrázek 12: Úzký komunikační prostor mezi technologií	22
Obrázek 13, 14: Pohled do instalační šachty s viditelnými průsaky spodní vody	23
Obrázek 15: Pohled do sprch s úspornými hlaviciemi	24
Obrázek 16: Pohled na průčelí řešeného objektu krytého bazénu Ostrava-Vítek	31
Obrázek 17: Interiér bazénové haly Ostrava-Vítek	31
Obrázek 18: Pohled na výměníkovou stanici vytápění	32
Obrázek 19: Pohled na rekonstruovaný rozdělovač se sběračem	32
Obrázek 20: Pohled na průčelí řešeného objektu krytého bazénu v Havířově	33
Obrázek 21: Interiér bazénové haly v Havířově	33
Obrázek 22: Příprava doplňovací vody pro bazén	34
Obrázek 23: Lamelový ohřívák vzduchu	34
Obrázek 24: Pohled na průčelí řešeného objektu krytého bazénu Orlová	35
Obrázek 25: Interiér bazénové haly v Orlové	35
Obrázek 26: Kogenerační jednotka	37
Obrázek 27: Pohled na výměník tepla	37
Obrázek 28: Potřeba energie na chlazení bazénové haly v průběhu roku (původní stav)	79
Obrázek 29: Průběh teplot v bazénové hale v letním období (původní stav)	79
Obrázek 30: Geometrie prostoru a roční bilance jednotlivých měrných energií (původní stav)	80
Obrázek 31: Přehled potřeby a toku energie k vytápění bazénové haly (vpravo nahoře, původní stav)	80
Obrázek 32: Potřeba energie na chlazení bazénové haly v průběhu roku (navržený stav)	81
Obrázek 33: Průběh teplot v bazénové hale v letním období (navržený stav)	81
Obrázek 34: Geometrie prostoru a roční bilance jednotlivých měrných energií (navržený stav)	82
Obrázek 35: Přehled potřeby a toku energie k vytápění bazénové haly (vlevo nahoře, navržený stav)	82

## 20. Seznam grafů

<i>Graf 1: Přehled součinitelů prostupu tepla obalových stavebních konstrukcí bazénových hal u jednotlivých řešených objektů dle platné ČSN 73 0540-2/2007</i>	41
<i>Graf 2: Roční finanční úspora energií na vytápění za rok 2010</i>	46
<i>Graf 3: Roční finanční úspora energií na vytápění za rok 2010</i>	47
<i>Graf 4: Průběh tepelné zátěže bazénové haly Ostrava-Vítek</i>	53
<i>Graf 5: Průběh tepelné zátěže bazénové haly Havířov</i>	54
<i>Graf 6: Průběh tepelné zátěže bazénové haly Orlová</i>	54
<i>Graf 7: Průběh tepelných zátěží bazénových hal Ostrava-Vítek, Havířov a Orlová</i>	55
<i>Graf 8: Roční finanční úspora energií větráním v průběhu letního a zimního období 2010</i>	61
<i>Graf 9: Procentuální vyjádření úspor energií větráním v průběhu letního a zimního období 2010</i>	61
<i>Graf 10: Měrný profil potřeby teplé vody a průběh teoreticky využitelných tepelných zisků pro bazén Ostrava-Vítek</i>	64
<i>Graf 11: Měrný profil potřeby teplé vody a průběh teoreticky využitelných tepelných zisků pro bazén Havířov</i>	64
<i>Graf 12: Měrný profil potřeby teplé vody a průběh teoreticky využitelných tepelných zisků pro bazén Orlová</i>	64
<i>Graf 13: Ekonomické vyjádření roční úspory potřeby tepla na ohřev bazénové vody</i>	65
<i>Graf 14: Procentuální vyjádření roční úspory potřeby tepla na ohřev bazénové vody</i>	65
<i>Graf 15: Přehled celkových finančních úspor měrných spotřeb energií</i>	70
<i>Graf 16: Procentuální vyjádření celkových úspor měrných spotřeb energií řešených objektů</i>	70
<i>Graf 17: Přehled měrných spotřeb energií řešených objektů dle vyhlášky č. 148/2007 Sb.</i>	70
<i>Graf 18: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Ostrava-Vítek – původní stav</i>	71
<i>Graf 19: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Ostrava-Vítek – navržený stav</i>	71
<i>Graf 20: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Havířov – původní stav</i>	72
<i>Graf 21: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Havířov – navržený stav</i>	72
<i>Graf 22: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Orlová – původní stav</i>	73
<i>Graf 23: Měsíční spotřeby energie dodávané do krytého bazénu Orlová – navržený stav</i>	73
<i>Graf 24: Energetický podíl bazénové haly na celkové spotřebě energie objektem</i>	77
<i>Graf 25: Vývoj cen tepla za 1 GJ [Kč vč. DPH] za období 2008 – 2010</i>	78

## 21. Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Základní údaje řešených objektů</i>	38
<i>Tabulka 2: Přehled součinitelů prostupu tepla obalových stavebních konstrukcí bazénových hal u jednotlivých řešených objektů dle platné ČSN 73 0540-2/2007</i>	40
<i>Tabulka 3: Přehled vypočtených tepelných výkonů</i>	46
<i>Tabulka 4: Tepelná bilance, průměrný součinitel prostupu tepla aplikovaný na bazénovou halu</i>	47
<i>Tabulka 5: Celková tepelná bilance</i>	56
<i>Tabulka 6: Přehled potřeb výkonů při větrání řešených bazénových hal</i>	60
<i>Tabulka 7: Potřeba tepla pro ohřev bazénové vody</i>	65
<i>Tabulka 8: Shrnutí energetické náročnosti řešených objektů dle dosavadních výpočtů</i>	66
<i>Tabulka 9: Hodnotící tabulka pro budovy s mezními ukazateli energetické náročnosti.</i>	67
<i>Tabulka 10: Přehled energetické náročnosti řešených objektů dle vyhlášky č. 148/2007 Sb.</i>	69
<i>Tabulka 11. Energetický podíl bazénové haly na celkové energetické spotřebě objektu</i>	76
<i>Tabulka 12: Vývoj cen tepla za 1 GJ [Kč vč. DPH] za období 2008 – 2010</i>	77

## 22. Seznam příloh

Příloha 1	Výkresová schématická dokumentace
Příloha 2	Výpočet součinitelů prostupů tepla pro krytý bazén Ostrava–Vítek
Příloha 3	Výpočet součinitelů prostupů tepla pro krytý bazén Havířov
Příloha 4	Výpočet součinitelů prostupů tepla pro krytý bazén Orlová
Příloha 5	Výpočet tepelných ztrát pro krytý bazén Ostrava–Vítek
Příloha 6	Výpočet tepelných ztrát pro krytý bazén Havířov
Příloha 7	Výpočet tepelných ztrát pro krytý bazén Orlová
Příloha 8	Výpočet potřeby tepla na ohřev bazénové vody pro krytý bazén Ostrava–Vítek
Příloha 9	Výpočet potřeby tepla na ohřev bazénové vody pro krytý bazén Havířov
Příloha 10	Výpočet potřeby tepla na ohřev bazénové vody pro krytý bazén Orlová
Příloha 11	Výpočet tepelné zátěže pro krytý bazén Ostrava–Vítek – původní stav
Příloha 12	Výpočet tepelné zátěže pro krytý bazén Ostrava–Vítek – navržený stav
Příloha 13	Výpočet tepelné zátěže pro krytý bazén Havířov – původní stav
Příloha 14	Výpočet tepelné zátěže pro krytý bazén Havířov – navržený stav
Příloha 15	Výpočet tepelné zátěže pro krytý bazén Orlová – původní stav
Příloha 16	Výpočet tepelné zátěže pro krytý bazén Orlová – navržený stav
Příloha 17	Návrh větrání pro letní a zimní období pro kryté bazény Ostrava–Vítek, Havířov a Orlová
Příloha 18	Znázornění úprav přívodu vzduchu v h-x diagramech pro letní a zimní období pro kryté bazény Ostrava–Vítek, Havířov a Orlová
Příloha 19	Výpočet energetické náročnosti budov a průměrného součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. a ČSN 73 0540 pro krytý bazén Ostrava–Vítek – původní stav
Příloha 20	Výpočet energetické náročnosti budov a průměrného součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. a ČSN 73 0540 pro krytý bazén Ostrava–Vítek – navržený stav
Příloha 21	Výpočet energetické náročnosti budov a průměrného součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. a ČSN 73 0540 pro krytý bazén Havířov – původní stav
Příloha 22	Výpočet energetické náročnosti budov a průměrného součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. a ČSN 73 0540 pro krytý bazén Havířov – navržený stav

- Příloha 23 Výpočet energetické náročnosti budov a průměrného součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. a ČSN 73 0540 pro krytý bazén Orlová – původní stav
- Příloha 24 Výpočet energetické náročnosti budov a průměrného součinitele prostupu tepla dle vyhlášky č. 148/2007 Sb. a ČSN 73 0540 pro krytý bazén Orlová – navržený stav